

Norma Carina Franco dos Santos

**EFEITO DE EVENTOS NATURAIS NA QUALIDADE DO AR –
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO**

Lisboa 2008

**Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia**

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**EFEITO DE EVENTOS NATURAIS NA QUALIDADE DO AR – AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE
IDENTIFICAÇÃO**

“Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente - Sistemas Ambientais”

Norma Carina Franco dos Santos

Orientador: Prof. Doutor Francisco Ferreira

Ao Martin...

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que de uma forma directa ou indirecta contribuíram para a realização desta tese.

À E.Value dirijo o meu mais profundo e sincero agradecimento, em especial à Sandra Martinho, à Júlia Seixas e ao José Eduardo Barroso, que no decorrer do mestrado me apoiaram a 100%, e contribuíram financeiramente para que este acontecesse; Sem este apoio teria sido muito complicado de levar avante este trabalho.

À minha família, em especial ao Bruno, o meu muito obrigado por todo o apoio, incentivo, compreensão e dedicação ao nosso filho Martim nos momentos (mais intensos) de redacção desta dissertação.

SUMÁRIO

Desde a publicação da Directiva 1999/30/CE de 22 de Abril que se têm registado incumprimentos generalizados na União Europeia. O artigo 2.15 desta directiva, faz referência à possibilidade de ocorrência de excedências do valor limite diário de partículas (PM_{10}) com origem em eventos naturais (EN). O mesmo artigo indica que todas as excedências, cuja origem se deva a causas naturais, podem ser extraídas ao total anual, sendo somente necessário demonstrar a sua origem natural.

No caso de Portugal, a identificação de EN é crítica no que diz respeito ao cumprimento das exigências em termos das excedências permitidas legalmente.

Esta dissertação tem dois grandes objectivos.

O primeiro passa pelo desenvolvimento de uma nova e mais completa metodologia de identificação de eventos naturais (ID_{NF2008}), tendo como base a metodologia original (ID_{2005}).

O segundo objectivo visa analisar a metodologia de avaliação da contribuição dos EN. Esta análise passa pela comparação de três métodos de cálculo distintos (MMMensal, MP30 e o MMMóveis), que estão na base da determinação da fracção de contribuição do EN.

A validação das metodologias de identificação e avaliação tem como objecto de estudo a Região de Lisboa e Vale do Tejo.

ABSTRACT

Since the publication of the Council Directive 1999/30/EC of 22 April, generalized transgressions have been reported on the European Union. Article 2.15 of the directive, states the possibility of exceeding the daily limit value of PM_{10} (particulate matter with aerodynamic diameter below 10 μm), whenever due to the influence of natural events (EN). The same article defines that every proven exceedence due to natural events shall be discounted from the annual report.

In Portugal, due to the Sahara desert influence, the EN identification is a critical issue in the accomplishment of the legally allowed exceedence requirements.

This thesis has two main goals.

The first is the development of a new and more precise methodology for the detection of natural events (ID_{NF} 2008) based on the previous framework (ID2005).

The second goal is to evaluate the EN contribution to PM_{10} levels (specially the African dust outbreaks). This is done by comparing three distinct calculation methods (MMensal, MP30 and the MMMóveis), which are key to measuring the contribution fraction of EN.

The validation of the methodologies for detection and contribution evaluation was performed for the Great Lisbon Region.

LISTA DE ABREVIATURAS

AVL	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar da Avenida da Liberdade
CAM	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar da Camarinha
CAS	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar da Cascais
CHA	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar da Chamusca
ENT	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar de Entrecampos
LAR	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar do Laranjeiro
LOU	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar de Loures
MARQ	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar da Quinta do Marquês
MEM	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar de Mem Martins
ODI	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar de Odivelas
OLI	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar dos Olivais
QUE	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar do Quebedo
REB	Estação de Monitorização de Qualidade do Ar da Reboleira
EN	Evento Natural
F_{EN}	Fracção de contribuição do EN
ID 2005	Metodologia de Identificação de EN utilizada para o relatório anual de excedências para Portugal em 2005
ID_{NF} 2008	Metodologia de Identificação de EN desenvolvida no âmbito desta dissertação
MMMensal	Método de cálculo da fracção de EN baseado na Média Mensal
MMMóvel	Método de cálculo da fracção de EN baseado na Média Móvel
MP30	Método de cálculo da fracção de EN baseado no Percentil 30
PM	Matéria Particulada
PM10	Partículas em suspensão susceptíveis de passar através de um filtro selectivo com

50% de eficiência para um diâmetro aerodinâmico de 10 µm

PM2.5 Partículas em suspensão susceptíveis de passar através de um filtro selectivo com 50% de eficiência para um diâmetro aerodinâmico de 2.5 µm

RLVT Região de Lisboa e Vale do Tejo

RLVT Norte Zona da Região de Lisboa e Vale do Tejo situada a Norte do Rio Tejo

RLVT Sul Zona da Região de Lisboa e Vale do Tejo situada a Sul do Rio Tejo

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO	1
1.2	OBJECTIVO	3
1.3	ESTRUTURA	4
1.4	CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS E NÃO ORIGINAIS	5
2	ORIGEM DOS EVENTOS NATURAIS E METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO.....	7
2.1	SITUAÇÕES EM QUE OCORREM EVENTOS NATURAIS E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	7
2.2	OS EVENTOS NATURAIS NO CONTEXTO IBÉRICO	9
2.3	OS EVENTOS NATURAIS NO ENQUADRAMENTO NACIONAL.....	10
2.4	OS EVENTOS NATURAIS NO CONTEXTO LEGISLATIVO	11
2.5	METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS NATURAIS.....	13
2.5.1	METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO 2005 (ID 2005)	13
2.5.1.1	Transporte de partículas com origem em regiões secas (Sahara e/ou Sahel)	14
2.5.1.2	Fogos florestais	19
2.5.1.3	Ressuspensão.....	20
2.5.2	METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO MIEA (ID _{NF} 2008).....	20
2.6	METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DO EVENTO NATURAL FACE A EXCEDÊNCIAS DOS NÍVEIS DE PM, NUMA REGIÃO	24
3	RESULTADOS	27
3.1	IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE EVENTOS NATURAIS NA REGIÃO DE LISBOA E VALE DO TEJO	27
3.1.1	JANEIRO.....	27
3.1.2	FEVEREIRO	29
3.1.3	MARÇO.....	32
3.1.4	ABRIL.....	38
3.1.5	MAIO.....	42
3.1.6	JUNHO.....	46
3.1.7	JULHO	51
3.1.8	AGOSTO.....	55
3.1.9	SETEMBRO	60
3.1.10	OUTUBRO.....	65

3.1.11	NOVEMBRO	70
3.1.12	DEZEMBRO.....	75
3.1.13	RESUMO DAS METODOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO	76
3.2	AVALIAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE CONTRIBUIÇÃO DE EVENTOS NATURAIS 80	
3.2.1	METODOLOGIA ID 2005.....	80
3.2.2	METODOLOGIA ID _{NF} 2008.....	84
3.2.3	IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE DIAS CRÍTICOS NA ESTAÇÃO DA CHAMUSCA APÓS DESCONTO DE EVENTO AFRICANO SEGUNDO METODOLOGIA ID _{NF} 2008	87
4	CONCLUSÕES	95
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Caracterização de eventos naturais (tipo, período de ocorrência, origem e condições meteorológicas).....	7
Tabela 2.2: Valor limite definido para as partículas em suspensão (PM_{10}) no ar ambiente, no Decreto-Lei n.º 111/2002	12
Tabela 3.1: Identificação de dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Fevereiro de 2005	29
Tabela 3.2: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Fevereiro)	31
Tabela 3.3: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Março de 2005	32
Tabela 3.4: Caracterização dos EN na estação da Chamusca durante Março de 2005 .	37
Tabela 3.5: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Março).....	37
Tabela 3.6: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Abril de 2005	38
Tabela 3.7: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Março).....	41
Tabela 3.8: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Maio de 2005	42
Tabela 3.9: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Maio)	45
Tabela 3.10: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Junho de 2005	46
Tabela 3.11: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Junho).....	50
Tabela 3.12: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Julho de 2005	51
Tabela 3.13: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Julho).....	54
Tabela 3.14: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Agosto de 2005	55
Tabela 3.15: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Agosto).....	59
Tabela 3.16: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Setembro de 2005	60
Tabela 3.17: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Setembro)	64
Tabela 3.18: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Outubro de 2005	65
Tabela 3.19: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Outubro)	69
Tabela 3.20: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Novembro de 2005	70
Tabela 3.21: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Novembro).....	74
Tabela 3.22: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Novembro de 2005	75
Tabela 3.23: Resumo da Metodologia de ID _{NF} 2008	77
Tabela 3.24: Resumo da metodologia ID 2005 (Eventos Naturais; Fracção Desconto, Casos Impossíveis)	81
Tabela 3.25: Resumo da metodologia ID 2005 (Fracções Negativas)	82
Tabela 3.26: Resumo da metodologia ID 2005 (Médias anuais de PM_{10}).....	83
Tabela 3.27: Resumo da metodologia ID _{NF} 2008 (Eventos Naturais; Fracção Desconto, Casos Impossíveis)	85

Tabela 3.28: Resumo da metodologia IDNF 2008 (Fracções Negativas).....	85
Tabela 3.29: Resumo da metodologia ID _{NF} 2008 (Médias anuais de PM ₁₀).....	86
Tabela 3.30: Identificação dos dias críticos na estação da Chamusca após a metodologia ID _{NF} 2008 e aplicação dos métodos de desconto	87
Tabela 3.31: Tabela tipo utilizada para o estudo do possível impacte dos incêndios florestais sobre as concentrações de PM.....	88
Tabela 3.32: Identificação de Incêndios - Dia 09-07-2005	89
Tabela 3.33: Identificação de Incêndios - Dia 20-08-2005	90
Tabela 3.34: Identificação de Incêndios - Dia 22-08-2005	91
Tabela 3.35: Identificação de Incêndios - Dia 23-08-2005	92
Tabela 3.36: Identificação de Incêndios - Dia 24-08-2005	93
Tabela 4.1: Número de Excedências para a estação da Chamusca segundo as duas metodologias de identificação	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Contribuição dos diversos tipos de partículas para a concentração total de PM ₁₀ registada numa estação rural de Espanha.....	8
Figura 2.2: Zonas de estudo da Península Ibérica e Arquipélagos	9
Figura 2.3: Regiões de Portugal continental e estações representativas para o estudo dos eventos naturais	10
Figura 2.4: Representação esquemática da metodologia ID 2005	14
Figura 2.5: Tipo de resultado obtido através do modelo DREAM.....	15
Figura 2.6: Tipo de output obtido através do modelo Hysplit	16
Figura 2.7: Medidor densidade óptica da concentração de partícula à superfície, para os dias 14, 17 e 19 de Janeiro de 2005 (às 12:00 UTC)	17
Figura 2.8: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^2$), prevista pelo modelo SKIRON, para os dias 14 e 19 de Janeiro	18
Figura 2.9: Exemplo da informação diária obtida via MODIS	19
Figura 2.10: Representação esquemática da metodologia ID _{NF} 2008	21
Figura 2.11: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para o dia 7 de Maio de 2005.....	22
Figura 2.12: Níveis de PM ₁₀ em estações da RLVT (Maio de 2005).....	23
Figura 2.13: Representação esquemática da metodologia de avaliação de contribuição de eventos naturais	26
Figura 3.1 : Mapa de pressão ao nível da superfície para os dias 10 e 26 de Janeiro de 2005 (às 12:00 UTC).....	28
Figura 3.2: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias 9 e 10 de Janeiro de 2005.	30
Figura 3.3: Níveis de PM ₁₀ em estações da RLVT (Fevereiro de 2005)	31
Figura 3.4: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias 11 e 12 de Março de 2005.....	34
Figura 3.5: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias de 15 a 21 de Março de 2005.....	34
Figura 3.6: Espectro óptico da concentração de partícula à superfície, para os dias de 12 a 14 de Março de 2005 (às 12:00 UTC)	35
Figura 3.7: Espectro óptico da concentração de partícula à superfície, para os dias de 18 a 20 de Março de 2005 (às 12:00 UTC)	35
Figura 3.8: Níveis de PM ₁₀ na estação da Chamusca e estações urbanas de fundo da RLVT (Março de 2005)	36
Figura 3.9: Níveis de PM ₁₀ na estação da Chamusca e estações urbanas de tráfego da RLVT (Março de 2005)	36
Figura 3.10: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias de 29 e 30 de Abril de 2005.	39
Figura 3.11: Mapas para os dias 27 a 30 de Abril de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície	40
Figura 3.12: Níveis de PM ₁₀ em estações da RLVT (Abril de 2005)	40
Figura 3.13: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para o dia 7 de Maio de 2005.....	43

Figura 3.14: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias de 24, 25, 26 e 31 de Maio de 2005.....	44
Figura 3.15: Mapas para os dias 24 a 31 de Maio de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície	44
Figura 3.16: Níveis de PM_{10} em estações da RLVT (Maio de 2005).....	45
Figura 3.17: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 1 a 3 de Junho de 2005.....	47
Figura 3.18: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 8 a 12 de Junho de 2005.....	47
Figura 3.19: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 21 a 24 de Junho de 2005.....	48
Figura 3.20: Mapas para os dias 22 a 24 de Junho de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície	49
Figura 3.21: Níveis de PM_{10} da estação da Chamusca e das estações urbanas de fundo da RLVT (Junho de 2005)	49
Figura 3.22: Níveis de PM_{10} da estação da Chamusca e das estações urbanas de tráfego da RLVT (Junho de 2005)	50
Figura 3.23: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 11 a 13 de Julho de 2005.....	52
Figura 3.24: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para o dia 20 de Julho de 2005.....	52
Figura 3.25: Níveis de PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ diários na estação da Chamusca (Julho de 2005) .	53
Figura 3.26: Concentração de PM_{10} na Chamusca, concentração média de PM_{10} das estações da RLVT e temperaturas máximas na cidade de Lisboa (Julho 2005).	54
Figura 3.27: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 5 a 8 de Agosto de 2005.	56
Figura 3.28: Mapas para os dias 6 a 8 de Agosto de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície, concentração de sulfatos e partículas de “smoke” à superfície	57
Figura 3.29: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 12, 14 a 16 de Agosto de 2005.	58
Figura 3.30: Mapas para os dias 14 a 18 de Agosto de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície	58
Figura 3.31: Níveis de PM_{10} em estações da RLVT (Agosto de 2005).....	59
Figura 3.32: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 14 a 16 de Setembro de 2005.	61
Figura 3.33: Mapas para os dias 14 a 15 de Setembro de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície	61
Figura 3.34: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 27 a 30 de Setembro de 2005.	62
Figura 3.35: Mapas para os dias 29 a 30 de Setembro de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície	63
Figura 3.36: Níveis de PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ diários na estação da Chamusca (Setembro de 2005).....	64
Figura 3.37: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias 8,9 e 10 de Outubro de 2005.	66

Figura 3.38: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para o dia 28 de Outubro de 2005.	67
Figura 3.39: Mapa para o dia 28 de Outubro de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície	67
Figura 3.40: Níveis de PM_{10} em estações da RLVT (Outubro de 2005)	68
Figura 3.41: Concentração de PM_{10} na Chamusca, concentração média de PM_{10} das estações da RLVT e precipitação na cidade de Lisboa (Outubro 2005).	69
Figura 3.42: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias 20,21,22 e 23 de Novembro de 2005.....	71
Figura 3.43: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias 20,21,22 e 23 de Novembro de 2005.....	72
Figura 3.44: Mapa para os dias 21 e 22 de Novembro de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície	72
Figura 3.45: Níveis de PM_{10} de estações da RLVT (Novembro de 2005).....	73
Figura 3.46: Concentração de PM_{10} na Chamusca, concentração média de PM_{10} das estações da RLVT e precipitação na cidade de Lisboa (Novembro 2005).....	73
Figura 3.47: Comparação do nº de excedência com e sem aplicação da metodologia de desconto (Metodologia ID 2005).....	81
Figura 3.48 : Comparação das médias anuais de PM_{10} com e sem aplicação da metodologia de desconto (Metodologia ID 2005)	83
Figura 3.49: Comparação do nº de excedência com e sem aplicação da metodologia de desconto (Metodologia ID _{NF} 2008)	85
Figura 3.50: Comparação das médias anuais de PM_{10} com e sem aplicação da metodologia de desconto (Metodologia ID _{NF} 2008)	86
Figura 4.1: Número de Excedências para a estação da Chamusca segundo as duas metodologias de identificação	96
Figura 4.2: Comparação do número de excedências segundo os três métodos de cálculo MMMensal, MMP30 e MMMóvel	97

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Regiões áridas, como por exemplo os desertos norte africanos – Sahara e Sahel-, sujeitas à erosão do solo, poderão ser alvo de fenómenos de ressuspensão da matéria particulada. De acordo com alguns estudos desenvolvidos nesta área de saber, as partículas poderão ser transportadas para regiões mais próximas ou mais distantes, variando esta distância com as dimensões das partículas, sendo que partículas mais finas poderão percorrer distâncias mais longas, podendo mesmo alcançar regiões localizadas a mais de 5000 km da região de origem [34]. Existe documentação que comprova que ocorreu transporte de matéria particulada com origem no Norte de África para algumas regiões do continente americano, como por exemplo a zona Sudeste do Estados Unidos [19;21], as Caraíbas [39], as Bermudas [1] e América do Sul [20,37]. De acordo com Caquineau [5], as ilhas de Cabo Verde também foram afectadas por massas de ar que tiveram a mesma origem - Norte de África -. Mas as zonas de influência destas massas de ar vão além destas regiões, podendo atingir também países no Noroeste da Europa [3,30,32], por exemplo as Ilhas Britânicas onde identificaram 1 a 3 dias de intrusão durante o ano 2001 [32].

Segundo Escudero [10,11], enquanto o transporte de matéria particulada com origem no Norte de África sobre o atlântico apresenta um carácter semi-permanente (devido ao campo de ventos), este mesmo transporte sobre o Sul da Europa é menos frequente, estando directamente correlacionado com situações meteorológicas específicas – depressões ou anticiclones sobre o Norte de África -.

Outros estudos efectuados no Mediterrâneo Oeste comprovam que as massas de ar provenientes do deserto do Sahara, podem estar carregadas de partículas, contribuindo desta forma para as concentrações de PM_{10} ¹ no ar ambiente [2,24,31,33,35]. Por exemplo, em Espanha, Rodriguez [30] estima que este transporte de longa distância possa estar na origem de 10 a 23 excedências aos $50 \mu g/m^3$ de

¹ PM_{10} : Partículas em suspensão susceptíveis de passar através de um filtro selectivo com 50% de eficiência para um diâmetro aerodinâmico de 10 μm (Directiva 1999/30/CE do Conselho de 22 de Abril de 1999)

média diária num ano no Sul do país, enquanto no Norte este valor andarás pelas 4 a 7 excedências/ano.

De acordo com Escudero [10], os baixos níveis de precipitação característicos desta região favorecem a permanência de matéria particulada durante longos períodos na atmosfera, conduzindo à verificação de impactes nos níveis de qualidade do ar.

As concentrações de partículas registadas em Portugal podem ser influenciadas em parte pelo transporte (de longa distância) de partículas provenientes das regiões áridas do Norte de África, em particular, do deserto do Sahara [23,24,29].

Designa-se por “evento natural” o resultado da emissão natural (por oposição a antropogénica) de um determinado poluente, e que no caso das partículas pode dar-se mediante a ocorrência de:

- Transporte de partículas a longa distância, provenientes de regiões secas (desertos africanos);
- Ressuspensão regional;
- Fenómenos geotérmicos, sísmicos, vulcânicos e fogos intensos.

1.2 OBJECTIVO

Este trabalho tem dois grandes objectivos. O primeiro objectivo tem que ver com a metodologia de Identificação dos eventos naturais, pretende-se neste ponto comparar e avaliar duas metodologias. Uma das metodologias, é a metodologia de identificação actualmente utilizada por Portugal - para reportar anualmente a sua lista de excedências de PM_{10} , cuja origem se deve à contaminação por massas de ar com elevados teores de poeiras -, e que consiste na análise simultânea de diferentes modelos de dispersão e de transporte de material particulado (como o DREAM, SKIRON, Hysplit, NAAPS). A outra metodologia, é uma metodologia teste desenvolvida propositadamente para este trabalho, e que consiste numa análise paralela da informação proveniente do modelo DREAM e do comportamento do poluente nas estações de monitorização, permitindo casar informação qualitativa e quantitativa, num procedimento tão importante que é identificação de eventos naturais que permitem excluir (ou não) dias que superam o valor limite de PM_{10} na lista anual de excedência que Portugal obrigatoriamente tem que reportar.

O segundo objectivo deste trabalho também passa pela comparação, mas desta vez dos métodos utilizados no cálculo da fracção de matéria particulada. Originalmente Portugal optou pelo método de cálculo da fracção particulada recorrendo à Média Mensal, tendo sido posteriormente substituída pelo cálculo do Percentil 30. Para este trabalho, ainda se testou o método das Médias Móveis, um método que apesar de se ter colocado em hipótese a sua utilização, nunca foi avaliado, e que neste trabalho será testado e comparado com os restantes métodos de cálculo.

Para esta análise comparativa de metodologias de identificação e de avaliação da contribuição dos eventos naturais, o objecto de estudo será a Região de Lisboa e Vale do Tejo (RLVT), para o ano de 2005.

1.3 ESTRUTURA

Esta dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma:

Capítulo 1- Introdução

Na Introdução efectua-se uma descrição geral da temática dos eventos naturais e dos objectivos e estrutura da tese.

Capítulo 2 – Origem dos eventos naturais e metodologia de identificação e avaliação

Neste capítulo descreve-se em maior detalhe a origem e características dos eventos naturais e são apresentadas as metodologias de identificação de eventos naturais e as metodologias de avaliação da contribuição do evento natural – determinação da fracção de contaminação.

Capítulo 3 – Resultados

É o capítulo mais extenso da dissertação. É dedicado especificamente à descrição exhaustiva de eventos naturais, que vai desde a análise das metodologias de identificação mês a mês, à caracterização dos EN, passando posteriormente ao teste dos métodos de cálculo das fracções de contaminação para as duas metodologias de identificação.

Capítulo 4 - Conclusões

O capítulo das conclusões resume de uma forma integrada todas as apreciações desenvolvidas no decorrer da dissertação

1.4 CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS E NÃO ORIGINAIS

Esta dissertação vem na sequência de um trabalho desenvolvido durante o período de 2004 (Setembro) a 2006 (Julho), ao abrigo de uma bolsa de investigação na FCT/UNL, sob coordenação do Professor Francisco Ferreira, e em conjunto com o grupo do Doutor Xavier Quérol (Instituto de Ciências da Terra Jaume Almera, Barcelona).

Por se achar que todas as contribuições de investigação nesta nova área de saber – eventos naturais -, são sempre bem-vindas, e que podem sempre constituir uma mais-valia para a definição de metodologias de identificação e contribuição de eventos naturais; a escolha deste tema (e do objectivo desta dissertação), surgem não só pela grande envolvimento, mas também pelo interesse e dedicação desenvolvidos no decorrer dos trabalhos durante os dois anos de investigação em eventos naturais.

A base desta dissertação é o relatório produzido em 2006 para o então Instituto do Ambiente (actual Agência Portuguesa do Ambiente), onde se reportaram todos os eventos naturais ocorridos em 2005 em Portugal Continental. É exactamente a metodologia de identificação de eventos naturais, e a metodologia de avaliação do contributo desses eventos apresentada nesse relatório (e que foram desenvolvidas durante o trabalho de investigação) que são utilizadas nesta dissertação, para contrapor com elementos originais desenvolvidos especialmente para esta tese.

2 ORIGEM DOS EVENTOS NATURAIS E METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO

2.1 SITUAÇÕES EM QUE OCORREM EVENTOS NATURAIS E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

De acordo com um estudo feito no Instituto das Ciências da Terra Jaume Almera, Barcelona, é possível diferenciar cinco situações distintas de ocorrência de eventos naturais durante um ano (Tabela 2.1).

Existem alturas no ano em que a movimentação de partículas é mais intensa, sendo expectável que durante essas épocas as concentrações de PM₁₀ no ar ambiente sejam influenciadas pelas partículas transportadas pelas massas de ar provenientes de desertos africanos [23].

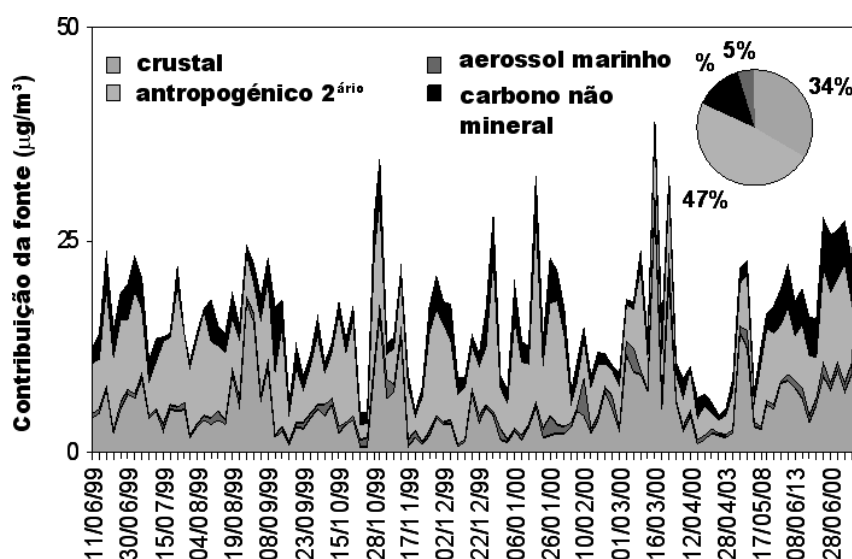
Tabela 2.1: Caracterização de eventos naturais (tipo, período de ocorrência, origem e condições meteorológicas)

Tipo de Evento	Período	Origem e Condições meteorológicas
Baixa probabilidade de ocorrência, apenas em regiões do Sul	Novembro – Janeiro	Intrusão de partículas inibidas, estes eventos de partículas ocorrem somente nas áreas do sul (Península Ibérica).
Eventos secos	Fevereiro – Março	Sahel Extensas nuvens de partículas provenientes do Atlântico Anticiclones (Mediterrâneo e Norte de África)
Chuvas vermelhas & Eventos secos	Abril – Junho	Movimentação de partículas do Sahel para o Sahara; Depressões (SW Portugal) e/ou Anticiclones (Mediterrâneo e Norte de África)
Eventos secos	Julho – Agosto	Sahara Movimentação intensa e incontrolável de partículas Anticiclones (Mediterrâneo e Norte de África)
Chuvas vermelhas & Eventos secos	Setembro – Outubro	Movimentação de partículas do Sahara para o Sahel Depressões (SW Portugal) e/ou Anticiclones (Mediterrâneo e Norte de África)

Fonte: Querol [23]

A composição química das partículas provenientes dos desertos varia conforme o local de origem. A composição elementar das partículas dos desertos é semelhante à

composição global do material crustal [4,38]. As partículas atmosféricas provenientes do deserto do Sahara são constituídas, maioritariamente, por quartzo (SiO_2), calcite (CaCO_3), dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e minerais de argila (principalmente $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ e $\text{K}(\text{Al,Mg})_3\text{SiAl}_{10}(\text{OH})$). A análise dos dados de partículas recolhidos numa estação rural situada em Espanha (Figura 2.1) mostra a contribuição dos vários tipos de partículas para a concentração total de PM_{10} [25,26]. Verifica-se que os picos de intrusão de material crustal estão relacionados com intrusões de partículas saharianas. No total, a contribuição do material crustal para a concentração de PM_{10} chega a 34% da massa colhida de partículas [14, 25,26].

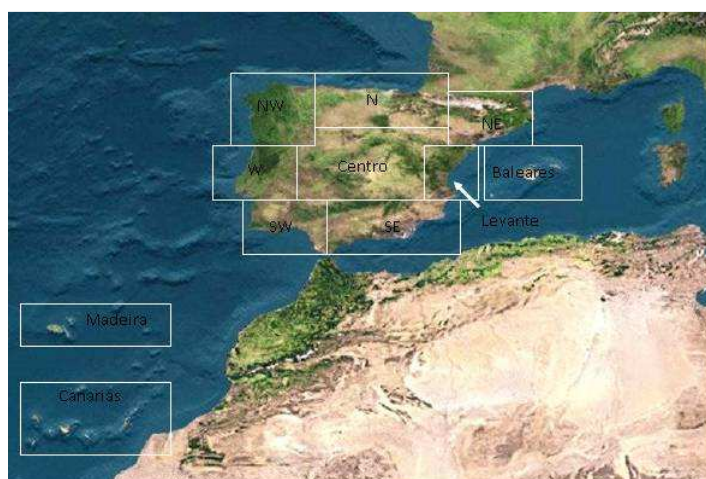


Fonte: Querol [25,26].

Figura 2.1: Contribuição dos diversos tipos de partículas para a concentração total de PM_{10} registada numa estação rural de Espanha..

2.2 OS EVENTOS NATURAIS NO CONTEXTO IBÉRICO

Desde 2004, que o grupo de Qualidade do Ar do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente (FCT/UNL) em conjunto com uma equipa do Instituto das Ciências da Terra Jaume Almera (Barcelona), têm vindo a desenvolver estudos sobre os eventos naturais na Península Ibérica. Esta cooperação tem permitido obter uma análise aprofundada dos fenómenos naturais que afectam os dois países. Para esta análise conjunta, as equipas definiram inicialmente áreas de estudo dentro da geografia peninsular (e arquipélagos) -Figura 2.2, com o intuito de otimizar a análise de eventos naturais, que influenciam as concentrações de PM_{10} , monitorizadas pelas estações de qualidade do ar dos dois países – Portugal e Espanha -.



Legenda:

Arquipélagos

Canárias (Espanha)

Madeira (Portugal)

Baleares (Espanha)

Península Ibérica

Sudoeste	Andaluzia Occidental, Sul da Extremadura (Espanha)
Sudeste	Algarve, Alentejo (Portugal)
Levante	Andaluzia Oriental, Murcia (Espanha)
Oeste	Comunidade Valenciana até ao delta do Ebro
Centro	Região Lisboa e Vale do Tejo e Região Centro (Portugal)
Noroeste	Resto da Extremadura, Castilla la Mancha, Comunidade de Madrid, Castilla León (Espanha)
Norte	Galicia, Asturias, Noroeste de Castilla y León (Espanha)
Nordeste	Região Norte (Portugal)
	Cantabria, País Vasco, La Rioja (Espanha)
	Navarra, Aragón, Cataluña (Espanha)

Fonte: Querol [27]

Figura 2.2: Zonas de estudo da Península Ibérica e Arquipélagos

2.3 OS EVENTOS NATURAIS NO ENQUADRAMENTO NACIONAL

A nível nacional, e com o intuito de se estudar em pormenor o impacte gerado pelos fenómenos de intrusão (transporte de massas de ar provenientes de desertos africanos), ressuspensão e incêndios florestais, nas concentrações de PM_{10} em Portugal, estabeleceu-se no mesmo ano (em 2004) uma divisão do país em seis zonas distintas. Para cada uma das zonas identificou-se uma estação rural de fundo como representativa -Figura 2.3 - [13,15]:

- ZONA I – Região Norte de Portugal – Lamas de Olo (estação regional de fundo);
- ZONA II – Região Centro de Portugal – Fundão (estação regional de fundo);
- ZONA III – Região de Lisboa e Vale do Tejo – Chamusca (estação regional de fundo)
- ZONA IV – Região Sul – Terena (estação regional de fundo);
- ZONA V – Região do Algarve – Alcoutim (estação regional de fundo);
- ZONA VI – Região do Arquipélago da Madeira – Quinta da Magnólia (estação regional de fundo).

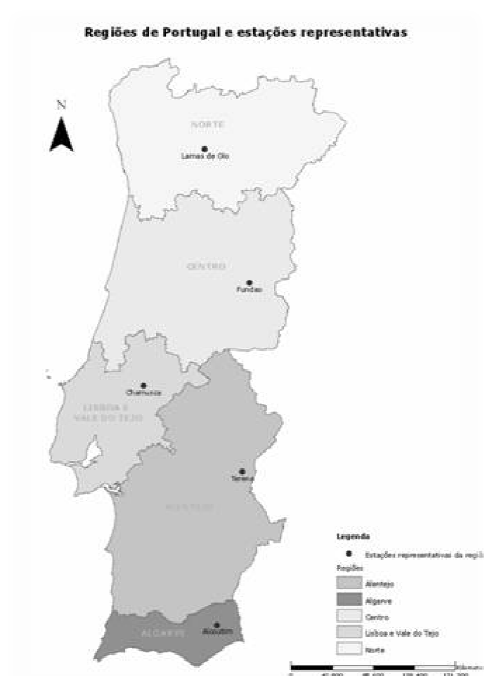


Figura 2.3:Regiões de Portugal continental e estações representativas para o estudo dos eventos naturais

2.4 OS EVENTOS NATURAIS NO CONTEXTO LEGISLATIVO

O Decreto-Lei n.º 111/2002, de 16 Abril, transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 1999/30/CE, do Conselho, de 22 de Abril, também designada por 1.ª Directiva filha.

O artigo 2.15 desta directiva, faz referência à possibilidade de ocorrência de excedências do valor limite diário de partículas (PM_{10}) com origem em causas naturais. Estas causas naturais podem ser devidas a fenómenos como: *“erupções vulcânicas, actividade sísmica e geotérmica, incêndios florestais, ressuspensão de partículas do solo e transporte de partículas desde zonas áridas”*. O mesmo artigo indica que todas as excedências, cuja origem se deva a causas naturais, podem ser extraídas ao total anual, sendo somente necessário demonstrar a sua origem natural.

No caso de Portugal, a identificação de eventos naturais pode chegar a ser crítica no que diz respeito ao cumprimento das exigências em termos das excedências permitidas ao valor limite diário de PM_{10} (não exceder o valor médio diário de PM_{10} - $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ - mais de 35 dias num ano e não exceder a média anual de PM_{10} - $40\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Desde a publicação da Directiva 1999/30/CE, de 22 de Abril relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, que se têm registado incumprimentos generalizados ao nível da União Europeia (UE), em particular no Sul da Europa [12].

É necessário ter presente também o artigo 5.4 da Directiva 1999/30/CE, onde se afirma que *“Sempre que os valores-limite de PM_{10} indicados na secção I do anexo III forem excedidos em virtude de concentrações de PM_{10} no ar ambiente devidas a catástrofes naturais de que resultem concentrações significativamente superiores aos valores de base normais decorrentes de factores naturais, os Estados-membros informarão a Comissão, nos termos do n.º 1 do artigo 11.º da Directiva 96/62/CE, apresentando a justificação necessária para demonstrar que essas superações se devem a catástrofes naturais. Nesses casos, os Estados-membros só serão obrigados a aplicar planos de acção nos termos do n.º 3 do artigo 8.º da Directiva 96/62/CE quando*

os valores-limite estabelecidos na secção I do anexo III forem excedidos devido a outras causas que não catástrofes naturais”.

Desta forma e de acordo com o artigo 5º do Decreto-Lei n.º 111/2002, sempre que o valor-limite de PM₁₀ estabelecido (Tabela 2.2) for excedido em consequência de concentrações significativas superiores aos valores de base tidos como habituais no ar ambiente devido a causas naturais e/ou ressuspensão, essa excedência pode e deve ser corrigida desde que devidamente justificada esta origem biogénica. Como tal, torna-se essencial verificar se ocorreram ultrapassagens aos valores-limite derivadas destes fenómenos e, após descontados esses níveis, confirmar se ainda há um incumprimento dos valores legislados que justifique a necessidade de acções que promovam a melhoria da qualidade do ar ambiente, tal como a elaboração de Planos e Programas.

Tabela 2.2: Valor limite definido para as partículas em suspensão (PM₁₀) no ar ambiente, no Decreto-Lei n.º 111/2002

	Período de Amostragem	Valor-Limite	Margem de Tolerância	Data de Cumprimento
Valor limite para a protecção da saúde humana (em 24 horas)	24 horas	50 µg/m ³ PM ₁₀ valor a não exceder mais de 35 vezes em cada ano civil	50% na data de entrada em vigor da presente directiva, devendo sofrer uma redução a partir de 1 de Janeiro de 2001 e depois, de 12 em 12 meses, numa percentagem anual idêntica, até atingir 0% em 1 de Janeiro de 2005	1 de Janeiro de 2005

2.5 METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS NATURAIS

No decorrer desta tese, serão comparadas duas metodologias distintas. A primeira metodologia, a denominada Metodologia de Identificação 2005, foi a metodologia que esteve na base de identificação dos Eventos Naturais que ocorreram em Portugal durante o ano de 2005. A Metodologia de Identificação MIEA (ID_{NF} 2008) foi a metodologia que foi desenvolvida especialmente para esta dissertação.

2.5.1 Metodologia de Identificação 2005 (ID 2005)

Na Figura 2.4 encontra-se representada de uma forma resumida a metodologia ID 2005. O primeiro passo passa pela identificação de intrusão de massas de ar com origem no Norte de África com elevados teores de partículas, recorrendo a 4 modelos: DREAM, Hysplit, NAAPS e Skiron. Para a região em análise também se analisava em simultâneo outro fenómeno – Ressuspensão. Após a identificação de dias afectados por intrusões, passava-se à aplicação da metodologia de avaliação de contribuição do EN (em 2005, o cálculo da fracção de EN tinha por base o método da média mensal). Se após o abatimento da contribuição do episódio africano continuasse a haver dias em excedência na estação representativa da região, então passava-se à análise de imagens de satélite (em simultâneo com informação dos ventos) para se identificar dias de ocorrência de incêndios florestais [15].

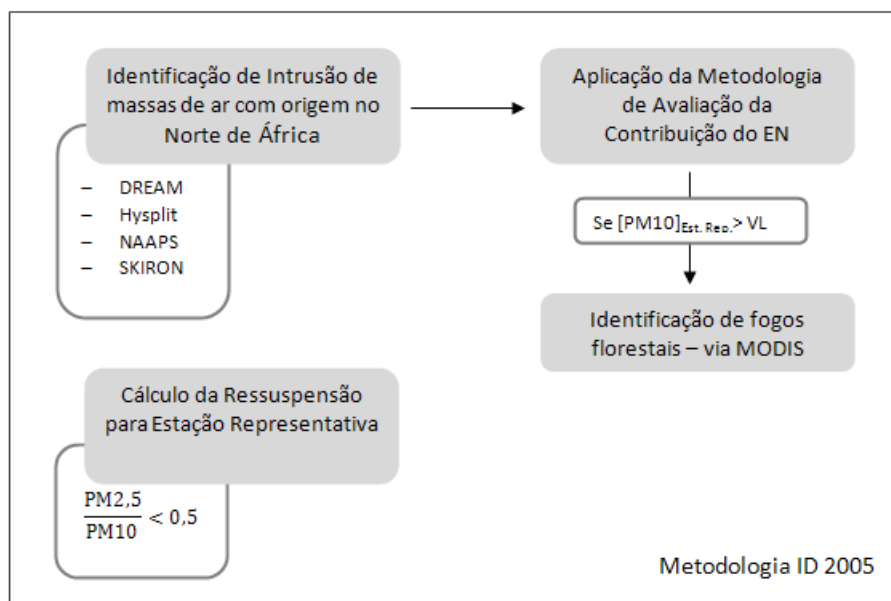


Figura 2.4: Representação esquemática da metodologia ID 2005

2.5.1.1 Transporte de partículas com origem em regiões secas (Sahara e/ou Sahel)

Segundo esta metodologia, a identificação da ocorrência de intrusões de massas de ar provenientes dos desertos africanos recorre a:

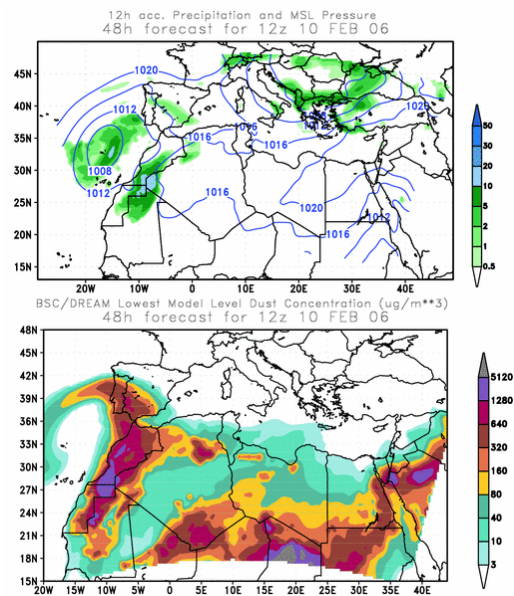
ICoD/DREAM (Dust Regional Atmospheric Model)

O modelo DREAM foi desenvolvido na Universidade de Malta no âmbito de outro modelo (modelo Eta). Basicamente, o modelo DREAM diz respeito ao ciclo de vida atmosférico das partículas dos desertos que foram sujeitas a fenómenos de erosão.

As componentes que integram este modelo são [9]:

- Esquema de produção de poeiras com camada viscosa introduzida;
- Efeitos da distribuição do tamanho das partículas;
- Efeito das condições húmidas do solo, sobre a produção das partículas;
- Deposição de partículas secas e húmidas;
- Fenómenos de advecção (horizontal e vertical) e difusão (lateral e turbulenta).

O resultado deste modelo fornece o índice de dispersão dos aerossóis (integrando todas as componentes acima referidas), como se pode ver na Figura 2.5.

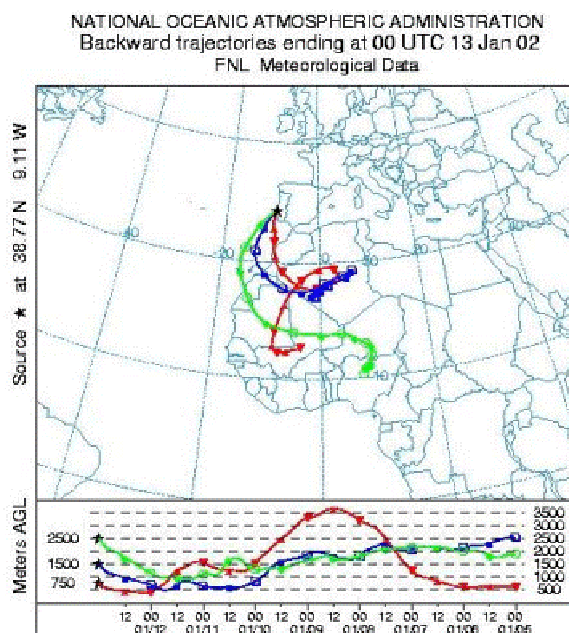


Fonte: © Euro-Mediterranean Centre on Insular and Coastal Dynamics

Figura 2.5: Tipo de resultado obtido através do modelo DREAM

Hysplit (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)

O modelo Hysplit foi desenvolvido pelo National Oceanic Atmospheric Administration, NOAA (EUA), sendo considerado “um sistema completo para cálculo de trajectórias, para análise de processos complexos de dispersão e simulações de deposição” [6,7,8]. À semelhança do que acontece com o DREAM, este modelo também está acessível na internet e é gratuito (Figura 2.6).



Fonte: Hysplit 4 - NOAA

Figura 2.6: Tipo de output obtido através do modelo Hysplit

O tipo de resultados do modelo Hysplit pode ser lido sobre a forma de:

- Retrotrajectórias;
- Dados meteorológicos;
- Concentrações de poluentes.

Para se obter a informação constante da Figura 2.6 é necessário introduzir no modelo, alguns dados, nomeadamente:

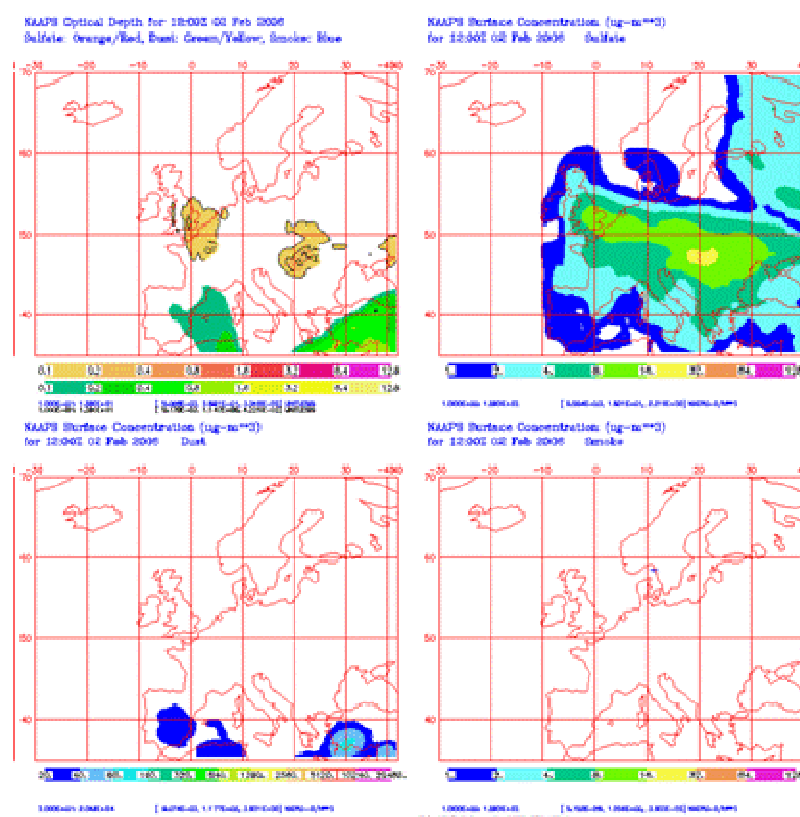
- Coordenadas Geográficas;
- Altitude das massas de ar (750, 1500 e 2500 m – a diferenciação de altitudes permite avaliar a ocorrência de transporte de partículas dos desertos do Sahara/Sahel para Portugal se a origem e as trajectórias coincidirem; a hipótese de afirmar a existência de intrusão de massas de ar carregadas de partículas estará assim mais sustentada);
- Período de análise da retrotrajectória (na análise dos eventos naturais proceder-se-á a uma análise de 120 horas, isto é, cinco dias antes do dia em análise).

NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System) Global Aerosol Model

O laboratório de pesquisa naval (National Research Laboratory, NRL) em Monterey, CA, desenvolveu um sistema próximo-operacional para prever a distribuição de aerossóis ao nível da troposfera (Figura 2.7), o modelo é uma versão modificada daquela que foi desenvolvida por Christensen (1997). A versão do NRL usa campos meteorológicos globais do sistema atmosférico global operacional da previsão da marinha (NOGAPS) (Hogan e Rosmond, 1991; Hogan e análises e previsões de Brody 1993)

O potencial do modelo assenta:

- na utilização da dinâmica operacional (exemplo tempo “real”);
- na previsão a 120h;
- em operar em tempo real;
- em utilizar simulação de partículas;
- em utilizar simulação de *smoke*.



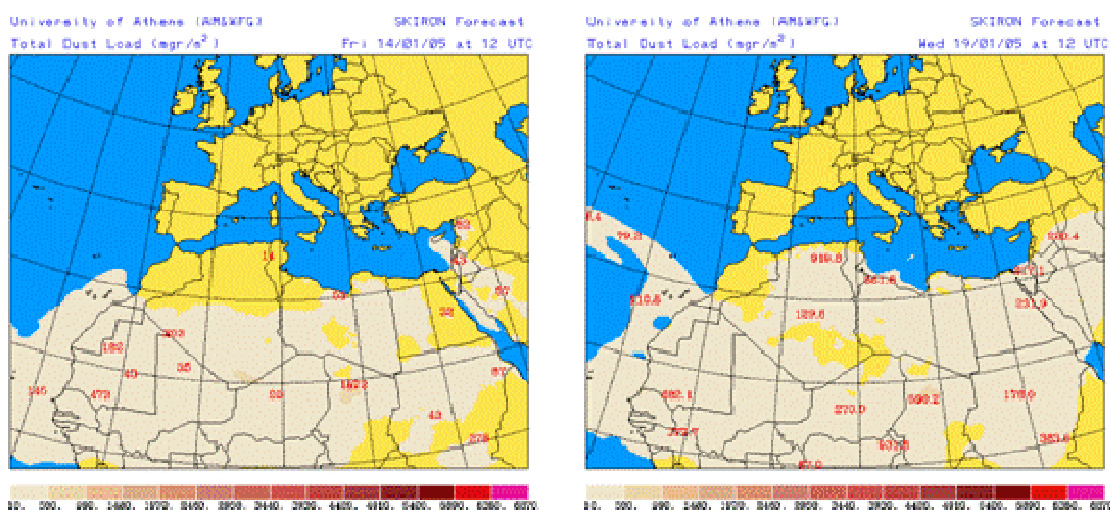
Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 2.7: Medidor densidade óptica da concentração de partícula à superfície, para os dias 14, 17 e 19 de Janeiro de 2005 (às 12:00 UTC)

SKIRON

SKIRON (Figura 2.8) trata-se de um modelo de previsão de carga de partículas, o qual foi desenvolvido na Universidade de Atenas. Este modelo apresenta como características:

- Carga de poeira [*Dust Load*]: Diz respeito à concentração total de partículas na coluna de ar, desde a superfície terrestre até ao topo da atmosfera ($\mu\text{g}/\text{m}^2$);
- Deposição Seca [*Dry Deposition*]: Diz respeito à deposição total de partículas secas sobre a superfície terrestre (mg/m^2);
- Deposição Húmida [*Wet Deposition*]: Diz respeito à deposição total de partículas húmidas sobre a superfície terrestre (mg/m^2);
- Pressão e Precipitação [*MSL Pres.&Precip*]: Diz respeito à pressão ao nível médio do mar (hPa) e precipitação acumulada (mm);
- Temperatura e Altura Geopotencial [*T&GH at xxxhPa*]: Diz respeito à temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) à altura geopotencial (m) ao nível isobárico xxx;
- Campo de Ventos [*Winds at xxxhPa*]: Diz respeito ao campo de vento (m/s) ao nível isobárico xxx;



Dia 14/1/2005

Dia 19/1/2005

Fonte: © Universidade de Atenas

Figura 2.8: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^2$), prevista pelo modelo SKIRON, para os dias 14 e 19 de Janeiro

2.5.1.2 Fogos florestais

Sempre que se identificou dias em excedência do valor limite diário para a estação representativa da região em análise, após a aplicação da metodologia de avaliação recorreu-se ao produto rapid fire do MODIS (*rapid fire* - Figura 2.9), como forma de identificar a ocorrência de incêndios em Portugal Continental. Através do arquivo de imagens de satélite do sistema MODIS obtinha-se informação diária (da existência ou não de incêndios em território nacional.) através dos satélites AQUA e TERRA. Posteriormente estas imagens eram trabalhadas em *ArcView*® (versão 9), onde se cruzava com informação referente à distribuição geográfica das estações da região em análise. Após este *overlap* de informação retiravam-se as coordenadas geográficas da localização do incêndio, e obtinha-se informação meteorológica referente às características dos ventos para esse ponto, nomeadamente a direcção e velocidade (obtida via NOAA). Adicionalmente e em torno da área do fogo criavam-se zonas de influência (10km, 20km e 50 km), como forma de visualizar o raio de influência do incêndio sobre as estações.

Apesar de ser uma análise meramente qualitativa, permitia com esta conjugação de ferramentas ter uma noção da possível influência dos incêndios sobre os níveis de partículas monitorizados nas estações de qualidade do ar.



Figura 2.9: Exemplo da informação diária obtida via MODIS

2.5.1.3 Ressuspensão

De acordo com o WGPM [40], as zonas do Sul da Europa apresentam níveis de matéria particulada superiores aos registados na Europa Central e Norte da Europa. Tal constatação poderá estar relacionada com:

- as características dos solos (um solo mais pobre em termos de coberto vegetal que permite a ressuspensão das partículas do solo);
- os níveis de precipitação baixos;
- os fenómenos de dinâmica da atmosfera de carácter convectivo (induzidos pela elevada insolação), ocorrem normalmente na Primavera e no Verão e favorecem a ressuspensão.

Como forma de identificar episódios cujos níveis de PM₁₀ são elevados devidos à ressuspensão de partículas do solo, a WPGP (2002) sugere para além de uma análise dos níveis de PM₁₀ da estação representativa da região em análise, uma análise da série de dados de PM_{2,5} para a mesma estação.

Uma vez que a fracção mineral das partículas dos solos que são alvo de ressuspensão caracterizam-se por apresentarem dimensões superiores a 2,5µg, sempre que o ratio PM_{2,5}/PM₁₀ for inferior a 0,5, então é possível que se esteja perante a ocorrência de um fenómeno de ressuspensão.

2.5.2 Metodologia de Identificação MIEA (ID_{NF} 2008)

A metodologia ID_{NF} 2008 encontra-se esquematicamente representada na Figura 2.10. À semelhança do que acontecia com a metodologia ID 2005 esta metodologia também tem como primeiro passo a identificação de episódios africanos, no entanto apenas recorre a um modelo, o DREAM; em simultâneo faz-se uma análise quantitativa dos níveis de PM₁₀, da estação da Chamusca e das restantes estações localizadas na RLVT, observando-se em pormenor o comportamento do poluente face à ocorrência de EN. Face à identificação dos dias sob influência de massas de ar com origem no Norte África, passa-se à aplicação da metodologia de avaliação de contribuição do EN (segundo os três métodos de cálculo em estudo nesta dissertação). Mais uma vez, e seguindo o raciocínio da metodologia ID 2005, também na metodologia ID_{NF} 2008 se após a aplicação da fracção de contaminação do EN se continuar a verificar dias em

excedências, procura-se no produto *rapid fire* a resposta para identificação de incêndios que poderão justificar tais superações do valor limite diário. O fenómeno de ressuspensão também é tido em consideração nesta metodologia.

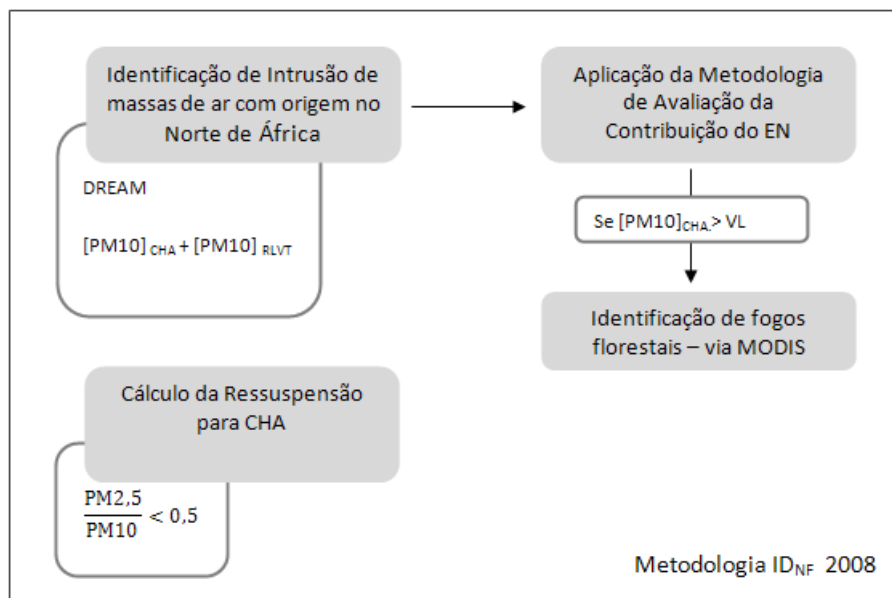
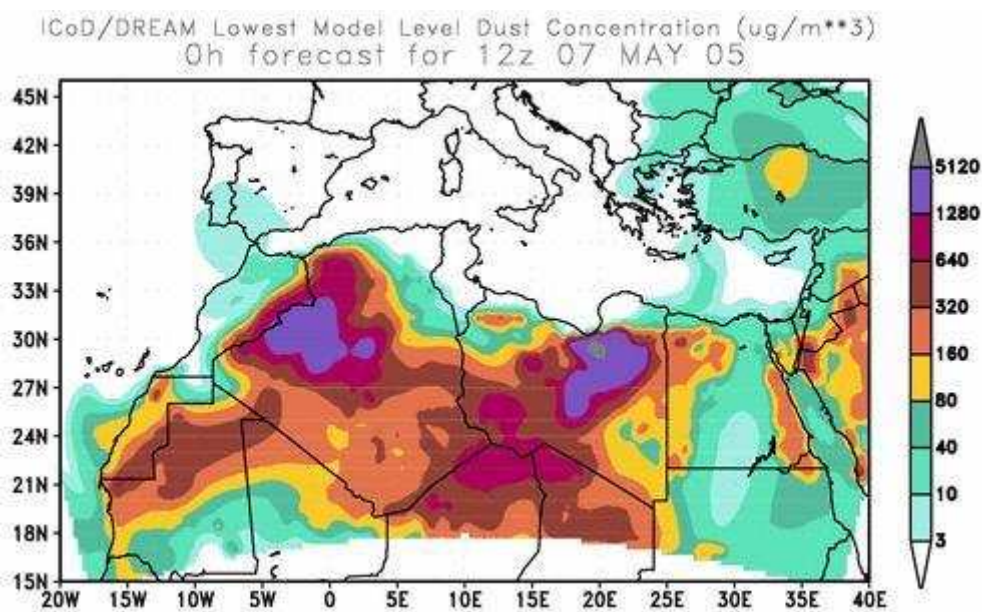


Figura 2.10: Representação esquemática da metodologia ID_{NF} 2008

Para esta metodologia como já referido anteriormente simplificou-se o número de modelos de dispersão a analisar, pelo que esta identificação passa apenas pela interpretação do modelo DREAM, independentemente dos níveis de matéria particulado expectável. Desta forma, e sempre que se verifique um dia sobre uma determinada região contaminação por intrusão de massas de ar com partículas, tal é considerado como dia de evento natural. Situações semelhantes à da Figura 2.11 cuja contaminação de matéria particulada não era considerada segundo a Metodologia ID 2005 serão contempladas segundo esta metodologia teste (ID_{NF} 2008).



Fonte: © Euro-Mediterranean Centre on Insular and Coastal Dynamics

Figura 2.11: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICoD/DREAM, para o dia 7 de Maio de 2005.

Em vez de se suprimir casos deste tipo, cujo teor de PM poderá eventualmente ser fraco, procedeu-se a uma análise simultânea do comportamento do poluente em todas estações da região em análise, permitindo desta forma, avaliar o efeito dos episódios nos níveis de PM_{10} monitorizados na rede de estações de monitorização, independentemente da classificação da carga de poeira segundo o modelo DREAM. Desta forma esta metodologia de identificação teste, baseia-se numa análise integrada que se alimenta de informação qualitativa através do modelo DREAM, mas também de informação quantitativa, referente aos níveis da PM_{10} das estações de monitorização (Figura 2.12).

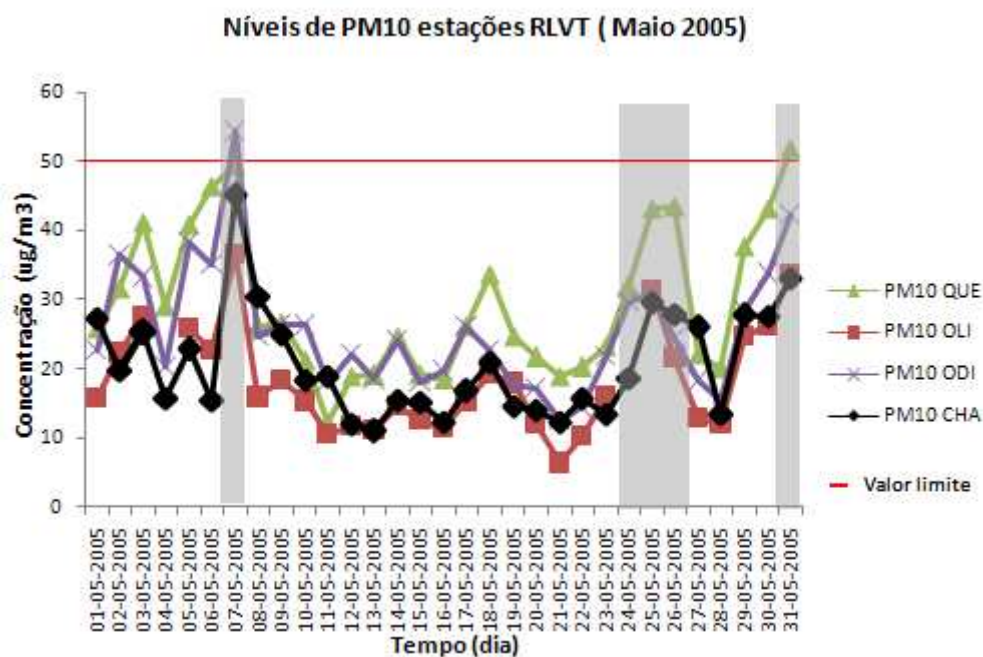


Figura 2.12: Níveis de PM₁₀ em estações da RLVT (Maio de 2005)

Nesta metodologia ainda houve a preocupação de avaliar a carga prevista pelo modelo DREAM, e a contaminação real verificada nas estações. Para isso, categorizaram-se os níveis de carga modelo DREAM:

	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
Teor médio de PM	6,5	25	60	120	240	480	960	3200	>5120

Em termos práticos, um episódio africano de magnitude A⁻, poderá contribuir em média com um teor de 6,5 µg/m³ de PM. Assim, e no decorrer do capítulo de comparação das metodologias de identificação, far-se-á sempre no caso da metodologia ID_{NF} 2008, uma caracterização (segundo a escala inspirada no modelo DREAM), do episódio africano.

Como forma de compreender melhor o efeito das intrusões, procedeu-se sempre a correlações entre as estações para o (s) dia (s) de evento e para os três dias anteriores e posteriores ao EN.

2.6 METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DO EVENTO NATURAL FACE A EXCEDÊNCIAS DOS NÍVEIS DE PM, NUMA REGIÃO

Actualmente ainda não é possível quantificar com toda a precisão a contribuição real dos eventos naturais (intrusão de massas de ar e fogos florestais selvagens) sobre a concentração de partículas (PM_{10}) medidas à superfície. No entanto, face à importância do cumprimento legal (registo máximo de 35 dias com excedência ao valor limite diário de PM_{10} , e a não ultrapassagem da média anual de $PM_{10} - 40 \mu g/m^3$), torna-se incontornável o desenvolvimento de métodos de cálculo que permitam estimar a fracção de matéria particulada associada à ocorrência do episódio, isto é, determinar a contribuição do evento natural nos níveis de PM_{10} .

Com o intuito de quantificar a fracção associada a um evento natural, definiu-se no decorrer dos trabalhos de identificação de eventos naturais para o ano de 2005, uma metodologia que se baseava no método de cálculo da média mensal. Este método baseia-se no re-cálculo da média mensal de PM_{10} para a estação urbana rural representativa da região e não influenciada directamente pelas emissões urbanas (exemplo na RLVT: Estação da Chamusca), cujos valores de concentração de PM_{10} referentes aos dias em que se identificavam episódios africanos eram excluídos.

Após este cálculo da média mensal (cujas concentrações dos dias sob influência de eventos naturais não eram contemplados), às concentrações diárias PM_{10} monitorizadas (na mesma estação – Chamusca –) e identificadas como EN, subtrai-se o valor re-calculado, obtendo-se para cada dia uma fracção correspondente à contribuição do EN.

Esta fracção de contribuição do evento natural, corresponde ao valor que será descontado na estação representativa, e nas restantes estações de monitorização da região [13,15]. É de ressaltar, que mesmo após a aplicação deste fracção (desconto), as concentrações de PM poderão ou não continuar a exceder o limite estabelecido legalmente.

Em 2006, e na sequência dos resultados obtidos por Miguel Escudero, na sua tese de doutoramento [10], considera-se que o cálculo da fracção de contribuição do evento natural baseado na aplicação do Percentil 30 (numa série de dados de 30 dias, onde o dia de evento natural corresponde ao 15º valor da série – o centro da série corresponde ao dia de episódio natural) é o indicador que melhor retrata o efeito do episódio sobre os níveis de concentração de PM registados nas estações regionais de fundo – estações representativas. Após o cálculo desta fracção segundo o método de Percentil 30, a forma de desconto é semelhante à do método do cálculo da média mensal.

Para além deste dois métodos de cálculo de fracção de contribuição de eventos naturais, será analisado outro método onde se recorre ao cálculo das médias móveis. Este método foi pensado como solução alternativa ao método da média mensal, na altura em que se discutiam as metodologias de desconto. Porém, este método nunca foi estudado e testado por nenhuma das equipas dos grupos de investigação da Península Ibérica, pelo que se achou interessante materializar, estudar e comparar este método com os restantes métodos em análise nesta dissertação. O cálculo da fracção de contribuição é em todo idêntico ao do método de cálculo do Percentil 30, substituindo o cálculo do percentil pelo cálculo de médias móveis.

Resumindo em três passos a metodologia de avaliação de contribuição de um EN (Figura 2.13):

1. Determinar para a estação representativa (dependendo do método de cálculo utilizado):
 - o valor da concentração média mensal de PM_{10} para o mês em análise sem considerar os níveis de PM para os dias de eventos naturais (**MMMensal;**)
 - o valor do Percentil 30 da série de dados ($n=30$) cujo centro da série corresponde ao episódio, neste cálculo não deverá ser considerada a concentração referente ao (s) dia (s) de EN (**MP30**) ;
 - o valor da Média Móvel da série de dados ($n=30$) cujo centro da série corresponde ao episódio, neste cálculo não deverá ser considerada a concentração referente ao (s) dia (s) de EN (**MMMóvel;**)

2. Nos dias em que previamente foi identificada a influência de eventos naturais (EN), através da metodologia (ID 2005 ou ID_{NF} 2008), identificar o valor da concentração de PM₁₀ para a estação de fundo representativa. A esse valor deve retirar-se o valor calculado no ponto 1. obtendo-se a fracção associada à intrusão (F_{EN}).

- **MMMensal**: [PM₁₀]_{estação representativa} - MMMensal = F_{EN}
- **MP30**: [PM₁₀]_{estação representativa} - P30 = F_{EN}
- **MMMóvel**: [PM₁₀]_{estação representativa} - MMMóvel = F_{EN}

Esta fracção pode ser tida como a contribuição “real” do evento natural, sobre a concentração de PM₁₀ medida.

3. Após o cálculo da F_{EN} com base na estação rural de fundo (representativa da região) aplica-se nas restantes estações na região em análise, avaliando-se desta forma o impacte do episódio africano nos níveis de PM₁₀ monitorizados. Depois da avaliação de contribuição do EN nos níveis de PM, dever-se-á proceder a um levantamento de excedências do valor limite diário (50 µg/ m³)
- É de salientar, que após o desconto da fracção a concentração de PM₁₀ pode ou não continuar a exceder o limite estabelecido legalmente.

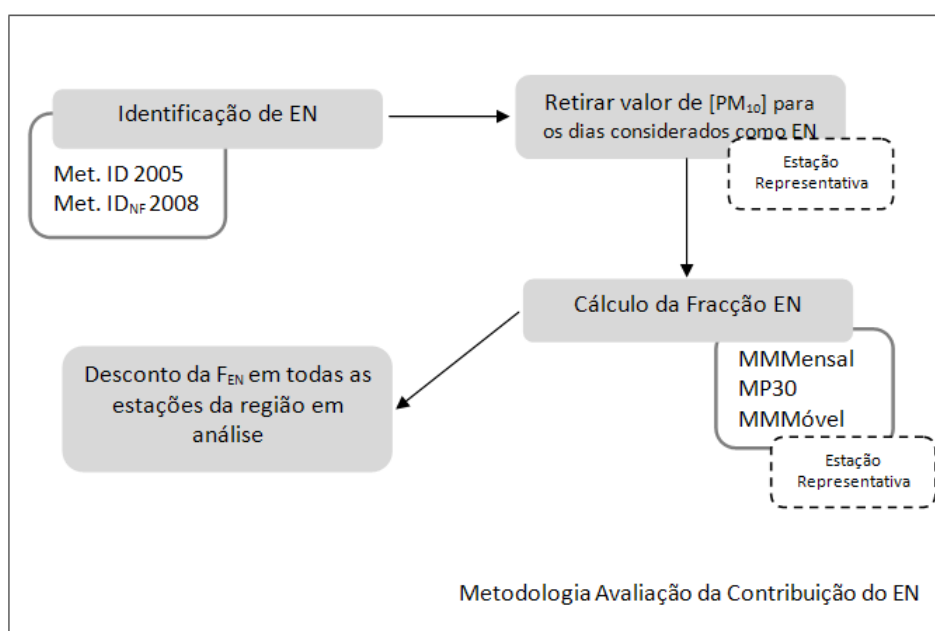


Figura 2.13: Representação esquemática da metodologia de avaliação de contribuição de eventos naturais

3 RESULTADOS

3.1 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE EVENTOS NATURAIS NA REGIÃO DE LISBOA E VALE DO TEJO

A identificação e análise do Eventos Naturais na Região de Lisboa e Vale do Tejo, passa por uma análise mensal. Mês a mês é apresentada uma tabela resumo, onde se identificam os dias de evento natural segundo as duas metodologias de identificação apresentadas nesta tese. Esta identificação de eventos naturais será sempre que se justifique acompanhada por uma breve caracterização meteorológica. Após uma análise mensal, finalizar-se-á este subcapítulo com um breve resumo referente à identificação de EN na RLVT durante 2005.

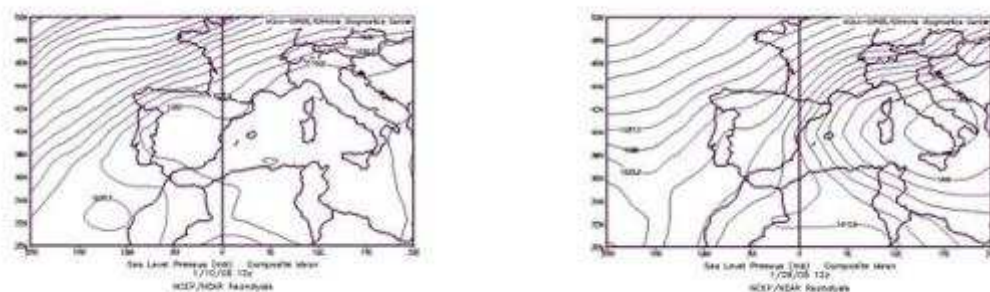
3.1.1 Janeiro

O primeiro mês do ano de 2005 foi um mês típico de Inverno, com o predomínio das altas pressões sobre toda a geografia peninsular. Até aproximadamente a primeira metade do mês, as altas pressões originaram episódios de contaminação local em zonas urbanas e industriais, frequentemente associados a largos períodos onde o céu estava coberto por nuvens densas [16,27].

A segunda metade do mês caracterizou-se pela advecção desde o Atlântico e desde o Norte e Centro da Europa, tendo-se traduzido entre os dias 24 e 28 de Janeiro na primeira onda de frio do Inverno. Esta situação foi acompanhada por uma descida térmica em grande parte da Península Ibérica e Baleares, contudo as precipitações ocorridas foram escassas tendo-se concentrado no extremo Norte da Península Ibérica e nalgumas zonas das Baleares [16,27]

Durante o mês de Janeiro não houve ocorrência de intrusões de massas de ar provenientes dos desertos africanos para a Península Ibérica, pelo que a RLTV não foi afectada.

Nos mapas da Figura 3.1 estão representadas as situações meteorológicas predominantes durante o mês de Janeiro de 2005. Na primeira imagem é possível observar um grande centro anticiclónico sobre o Mediterrâneo e o Norte de África; tal fenómeno conduz a uma situação de não advecção de massas de ar, levando à produção de episódios intensos de contaminação local. Esta situação originou o transporte de material particulado de origem desértica até ao arquipélago das Canárias. O segundo mapa mostra a situação meteorológica que originou a frente fria sobre grande parte da geografia espanhola. Uma tempestade potente sobre o Mediterrâneo unida a um potente anticiclone a Oeste das ilhas Britânicas, provocaram a entrada de ventos frios e secos desde a Europa Central [16,27]



Fonte: NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center

Figura 3.1 : Mapa de pressão ao nível da superfície para os dias 10 e 26 de Janeiro de 2005 (às 12:00 UTC)

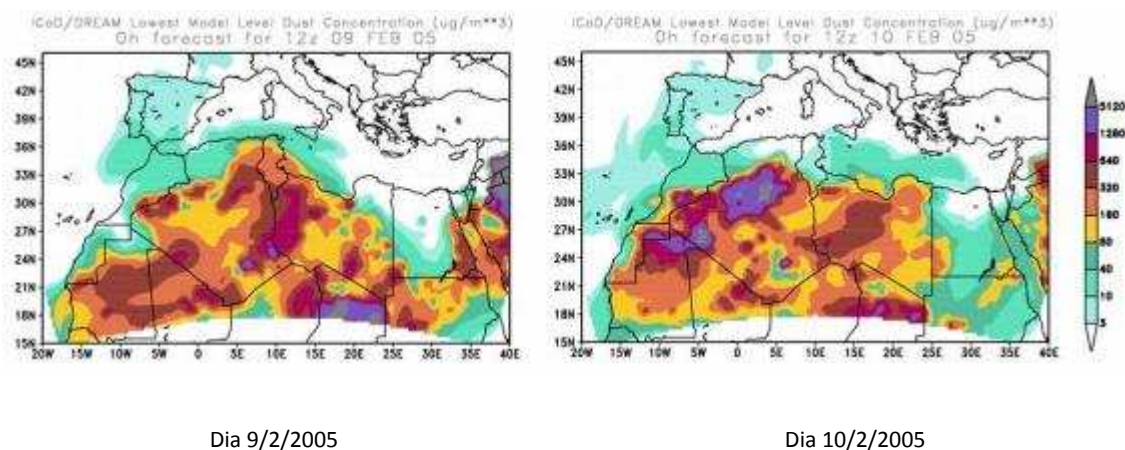
3.1.2 Fevereiro

Há semelhança do que se verificou em Janeiro, também Fevereiro continuou com a tendência de um Inverno rigoroso. As condições climatéricas que se verificaram em todo mês foram na generalidade temperaturas muito baixas em todo o território nacional.

Na Tabela 3.1 verifica-se que segundo a metodologia utilizada em 2005, apenas foi identificado um dia de episódio africano. Contudo, e se nos restringirmos apenas à observação do modelo DREAM, verifica-se que entre os dias 9 e 10 de Fevereiro houve a ocorrência de um episódio africano, não tendo tido desta forma grande expressão sobre Portugal Continental, contudo há a registar este evento, como se pode observar na Figura 3.2. No entanto, é de registar que a forma de manifestação do episódio foi diferenciada na RLVT, sendo possível observar esse acontecimento através do modelo DREAM. Segundo o DREAM, a RLVT Sul terá experimentado uma influência mais forte do episódio, esperando-se um incremento médio que poderá oscilar numa de gama concentrações entre os 10 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Este modelo ainda indica que a RLVT Norte terá sido influenciadas por um leve episódio, cuja contribuição se situou num intervalo de concentrações entre os 3 a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 3.1: Identificação de dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Fevereiro de 2005

FEVEREIRO 2005									
ID 2005									
9									
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E
RLVT _{Norte}	9 - 10								
RLVT _{Sul}	9 -10								



Fonte: © Euro-Mediterranean Centre on Insular and Coastal Dynamics

Figura 3.2: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias 9 e 10 de Janeiro de 2005.

Na Figura 3.3 é possível analisar o comportamento do poluente durante o mês de Fevereiro, neste gráfico apenas estão representadas as estações cujo comportamento de PM_{10} apresenta uma correlação superior a 0,5 quando comparada com a estação representativa da RLVT – Chamusca. É possível constatar pela análise gráfica que quando ocorre um evento, verifica-se na maioria das estações um incremento dos níveis de PM, quando comparado com os níveis registados imediatamente antes do episódio africano.

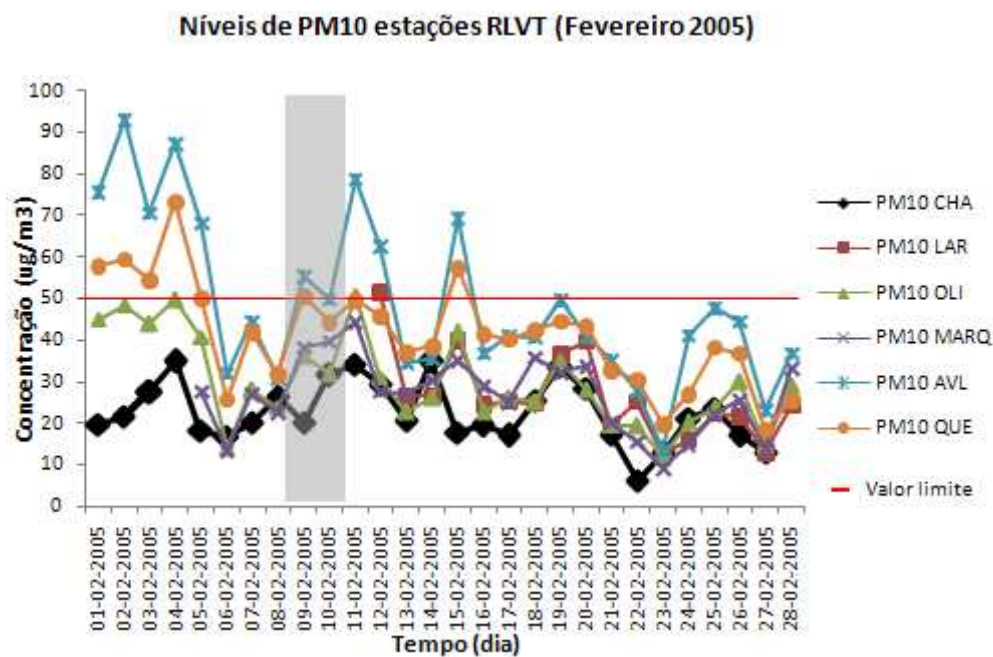


Figura 3.3: Níveis de PM₁₀ em estações da RLVT (Fevereiro de 2005)

Tabela 3.2: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Fevereiro)

	Correlação Mensal		Correlação EN	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,44	PM10 CAM	0,30
	PM10 LAR	0,78	PM10 LAR	s.s.
	PM10 LOU	0,29	PM10 LOU	0,29
	PM10 MEM	0,49	PM10 MEM	0,34
	PM10 OLI	0,55	PM10 OLI	0,53
	PM10 MARQ	0,51	PM10 MARQ	0,42
	PM10 REB	0,23	PM10 REB	0,26
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,54	PM10 AVL	0,64
	PM10 CAS	0,22	PM10 CAS	0,17
	PM10 ENT	0,41	PM10 ENT	0,54
	PM10 ODI	0,39	PM10 ODI	0,31
	PM10 QUE	0,59	PM10 QUE	0,54

3.1.3 Março

Março caracterizou-se por um começo marcado pelas baixas temperaturas, e pela continuação de situações de advecção desde o Atlântico Norte e Centro de Europa. A partir da primeira metade do mês, a situação meteorológica alterou-se radicalmente, onde as temperaturas começaram a subir, tendo-se situado nos valores característicos para a época do ano. Foi nesta altura que se começaram a produzir as primeiras entradas de massas de ar importantes de origem norte africana - esta situação começou devido à formação de um centro anticiclónico sobre o Mediterrâneo - [16,27].

Na Tabela 3.3, encontram-se todos os registos de intrusões africanas que ocorreram durante o mês de Março na RLVT, nesta tabela encontram-se os registos segundo as duas metodologias.

Tabela 3.3: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Março de 2005

MARÇO 2005									
ID 2005									
11-12									
16 - 20									
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
RLVT _{Norte}	12 - 13			20					
RLVT _{Sul}		12-13			20				
RLVT	11, 21	17		18,19					

Os dois episódios africanos verificados durante o mês de Março diferenciam-se no tempo, intensidade e duração.

O primeiro evento com origem no Norte de África ocorre no período de 11 a 13 de Março (Figura 3.4). Devido à ocorrência de formação de um centro de altas pressões sobre o Mediterrâneo, uma pluma de partículas abandonou o continente africano no dia 9 à tarde, em direcção à costa das Ilhas Canárias, tendo sido fortemente afectadas. Esta pluma dirigiu-se posteriormente para o extremo Oeste da Península no dia 11, e começou por afectar inicialmente o Oeste e Sul da mesma [16,27]. Na RLVT, o evento

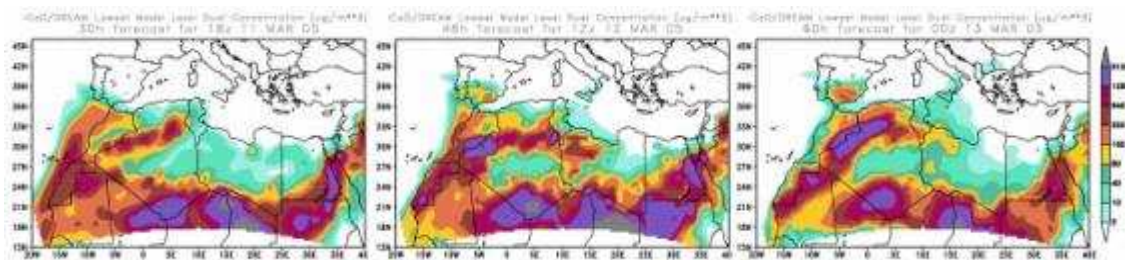
caracterizou-se inicialmente (no dia 11) por apresentar uma expressão fraca, onde os níveis de contribuição encontravam-se numa de valores na ordem dos 3 a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta expressão de influência baixa continuou a manifestar-se na RLVT Norte e na estação da Chamusca, no entanto, e de acordo com o modelo DREAM, na RLVT Sul o evento manifestou-se de forma diferenciada, esperando-se que a sua influência se revelasse um pouco mais forte (os 10 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

O episódio africano que ocorreu durante o período de 17 a 20 de Março (Figura 3.5), foi um episódio mais possante, a contribuição de matéria particulada deste evento, que segundo o DREAM poderíamos estar a falar no máximo numa contaminação na ordem dos 160 - 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, afectou fortemente todas as estações desta região.

Este é de facto um mês peculiar, quando comparado com outros meses do ano de 2005, onde se identificou intrusões de massas de ar com origem nos desertos africanos.

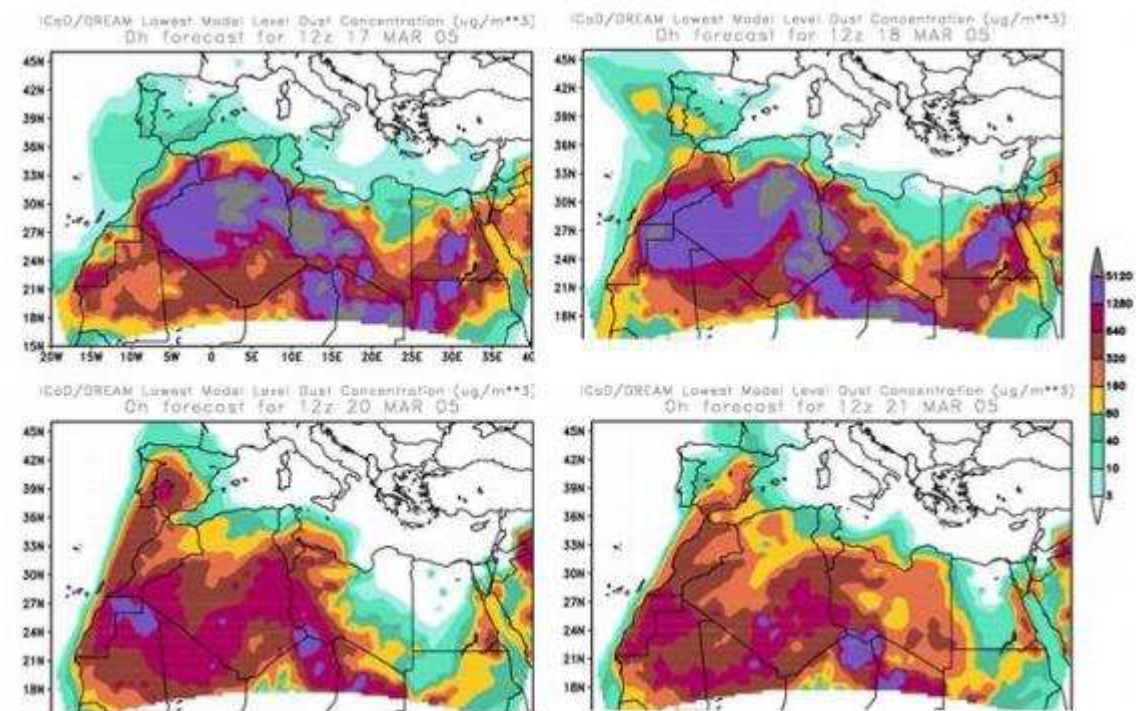
No mês de Março de 2005 foi possível observar de uma forma indiferenciada o efeito dos dois episódios africanos de características tão diferentes, denotando-se que todos os incrementos nos níveis de PM monitorizados nas estações, não são influenciados por outros fenómenos naturais. Denota-se também que o efeito deste episódio deu-se de uma forma generalizada, tendo afectado de igual forma todas as estações desta região.

Todas estas constatações, poderão ser verificadas através das correlações obtidas para todas as estações (durante o mês de Março, e em particular as correlações determinadas para os dois períodos de ocorrência das intrusões africanas) bem como através da leitura da Figura 3.8 e Figura 3.9.



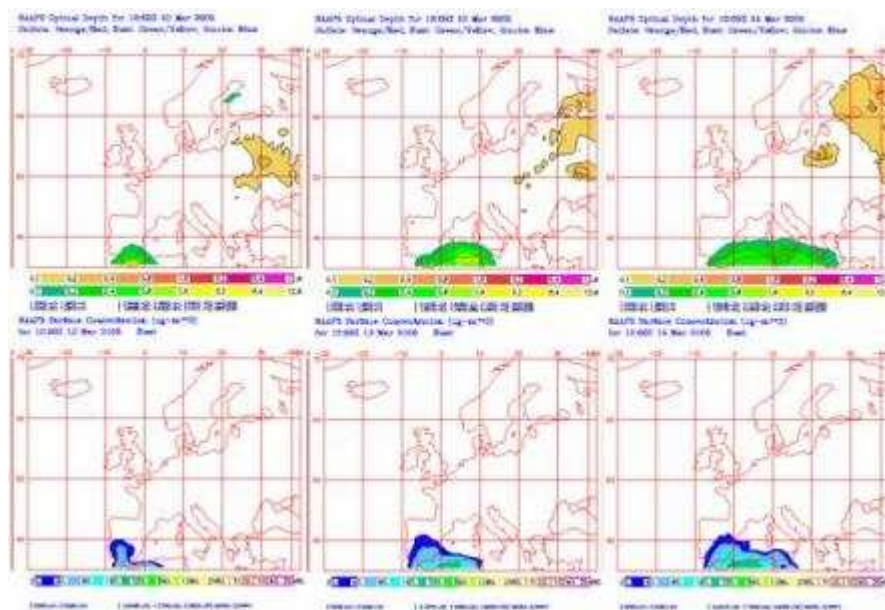
Fonte: © Euro-Mediterranean Centre on Insular and Coastal Dynamics

Figura 3.4: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias 11 e 12 de Março de 2005.



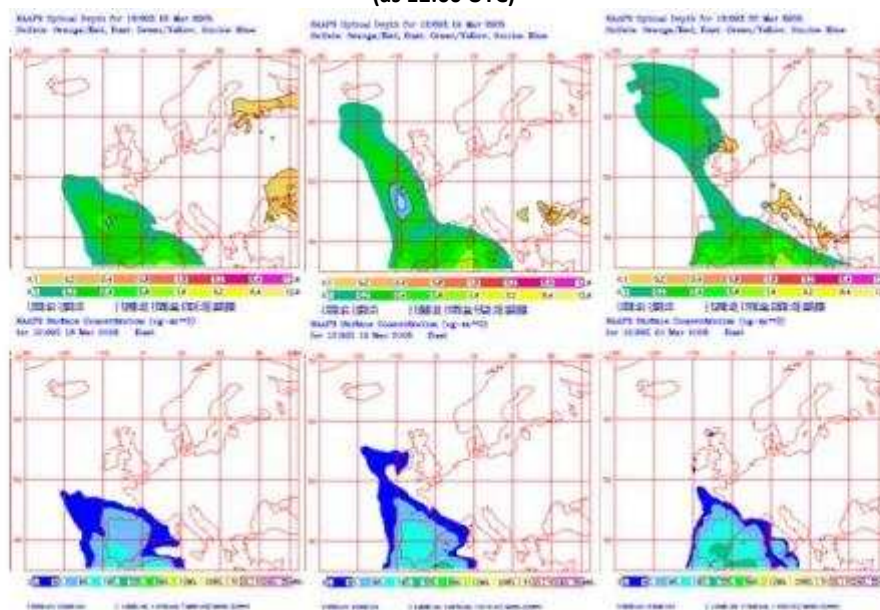
Fonte: © Euro-Mediterranean Centre on Insular and Coastal Dynamic

Figura 3.5: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias de 15 a 21 de Março de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.6: Espectro óptico da concentração de partícula à superfície, para os dias de 12 a 14 de Março de 2005 (às 12:00 UTC)



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.7: Espectro óptico da concentração de partícula à superfície, para os dias de 18 a 20 de Março de 2005 (às 12:00 UTC)

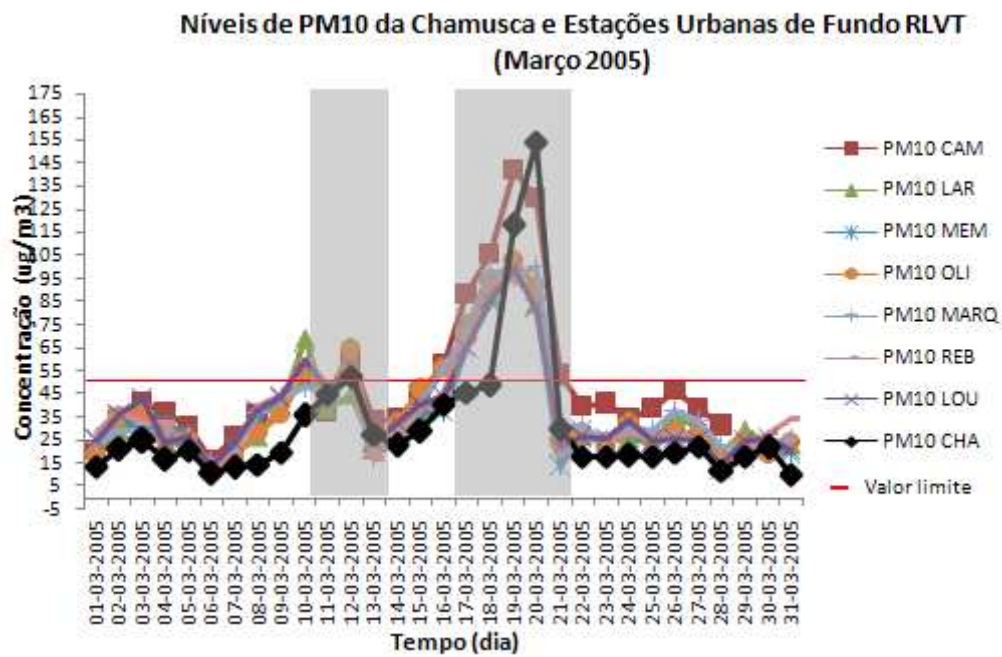


Figura 3.8: Níveis de PM₁₀ na estação da Chamusca e estações urbanas de fundo da RLVT (Março de 2005)

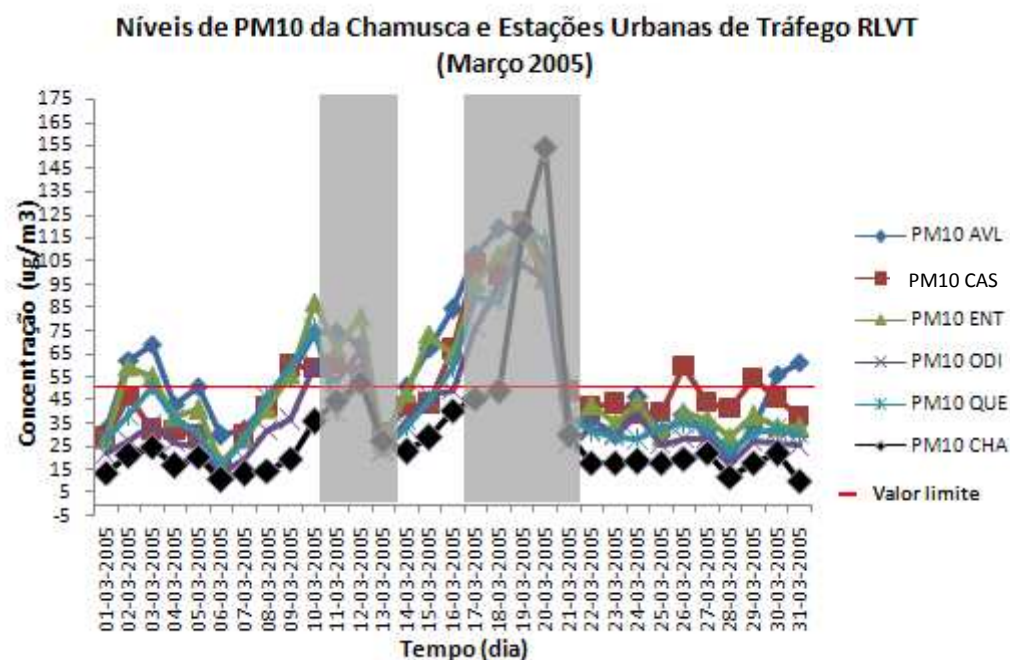


Figura 3.9: Níveis de PM₁₀ na estação da Chamusca e estações urbanas de tráfego da RLVT (Março de 2005)

É interessante observar através da Figura 3.8 e Figura 3.9, que no caso do primeiro episódio a estação da Chamusca, apresentava níveis de PM_{10} que se encontravam entre $15 - 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com a ocorrência do episódio verifica-se um incremento na ordem dos $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor esperado pelo modelo DREAM). Este incremento dissipa-se rapidamente, verificando-se novamente novo incremento a partir do dia 17. Este novo evento, ao contrário do primeiro, é extremamente intenso, levando a que todas as estações da rede de monitorização da RLVT apresentem níveis de PM que quase triplicam os níveis apresentados antes desta intrusão. A Chamusca foi sem dúvida a estação da RLVT, mais afectada durante este episódio (Tabela 3.4), tendo atingido um valor histórico de $154 \mu\text{g}/\text{m}^3$. As correlações entre as estações são diferentes face à intensidade do evento, como é possível observar na Tabela 3.5, quando se verifica um evento de fraca intensidade o valor das correlações entre estações são geralmente mais baixos. O contrário também verdadeiro, quanto mais intenso o evento, maior o valor das correlações.

Tabela 3.4: Caracterização dos EN na estação da Chamusca durante Março de 2005

	Data	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Classificação do Evento	Gama de concentrações esperadas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
EN1	11-03-2005	45	A ⁻	3 -10
	12-03-2005	53	A ⁻	3 -10
	13-03-2005	27	A ⁻	3 -10
EN2	17-03-2005	46	A ⁺	10 – 40
	18-03-2005	49	B ⁺	80 – 160
	19-03-2005	118	B ⁺	80 – 160
	20-03-2005	154	B ⁺	80 – 160
	21-03-2005	30	A ⁻	3 -10

Tabela 3.5: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Março)

	Correlação Mensal		Correlação EN1		Correlação EN2	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,90	PM10 CAM	0,72	PM10 CAM	0,89
	PM10 LAR	0,81	PM10 LAR	0,46	PM10 LAR	0,78
	PM10 LOU	0,82	PM10 LOU	0,62	PM10 LOU	0,80
	PM10 MEM	0,83	PM10 MEM	0,61	PM10 MEM	0,80
	PM10 OLI	0,84	PM10 OLI	0,77	PM10 OLI	0,80
	PM10 MARQ	0,85	PM10 MARQ	0,57	PM10 MARQ	0,80
	PM10 REB	0,79	PM10 REB	0,51	PM10 REB	0,77
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,69	PM10 AVL	0,62	PM10 AVL	0,77
	PM10 CAS	0,79	PM10 CAS	0,49	PM10 CAS	0,77
	PM10 ENT	0,76	PM10 ENT	0,66	PM10 ENT	0,71
	PM10 ODI	0,85	PM10 ODI	0,82	PM10 ODI	0,81
	PM10 QUE	0,85	PM10 QUE	0,17	PM10 QUE	0,87

3.1.4 Abril

O mês de Abril não foi um mês típico de Primavera, já que se destacou por apresentar níveis de precipitação baixos em quase toda a península Ibérica. A causa de tal facto está associada ao domínio de situações anticiclónicas, tendo impedido a passagem de frentes e tempestades sobre a Península Ibérica, como é comum acontecer nesta época do ano - [16,27]. No que diz respeito às intrusões de massas de ar com origem no Norte de África há a referir na RLVT a partir do dia 29 de Abril (Tabela 3.6).

Tabela 3.6: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Abril de 2005

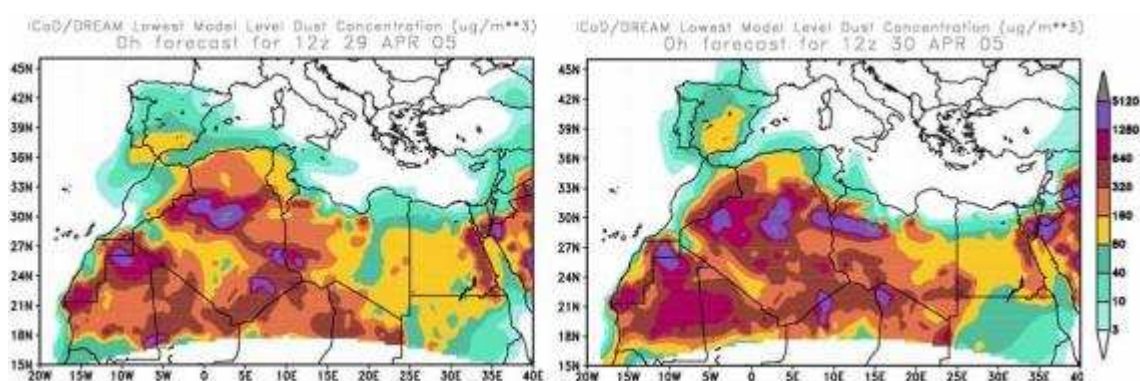
ABRIL 2005									
ID 2005									
29 - 30									
ID _{NF} 2008									
A ⁻		A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
RLVT		29 - 30							

Desde o dia 27 de Abril, devido à formação em altura (850 mb, 1500mb aproximadamente) de um anticiclone sobre o Norte de África, verificou-se a entrada de uma massa de ar de origem norte africana carregada de partículas com origem mineral. Esta situação prolongou-se até ao dia 5 de Maio em algumas zonas do Sul e Este da Península Ibérica [16,27]. No dia 27, a pluma de pó apenas afectou o extremo Sul, especialmente a Sudeste, tendo sido um episódio de pouca intensidade. A partir do dia seguinte, a massa de ar moveu-se até ao Norte peninsular, tendo afectado também a zona Sul toda (com excepção do Algarve) e boa parte do Levante, este episódio foi sensivelmente mais intenso que o episódio do dia anterior, para as zonas referidas [16,27].

Relativamente ao dia 29, a pluma de pó continuou em ascensão até ao Norte da Península, tendo afectado a parte meridional da zona Centro (da Península), além de todas as zonas afectadas no dia anterior [16,27]. Foi a partir desta data que a massa de ar com origem nos desertos africanos afectou a RLVT - Figura 3.10 -, onde se verifica um incremento nos níveis de PM na ordem dos 10 µg/m³ na estação da Chamusca

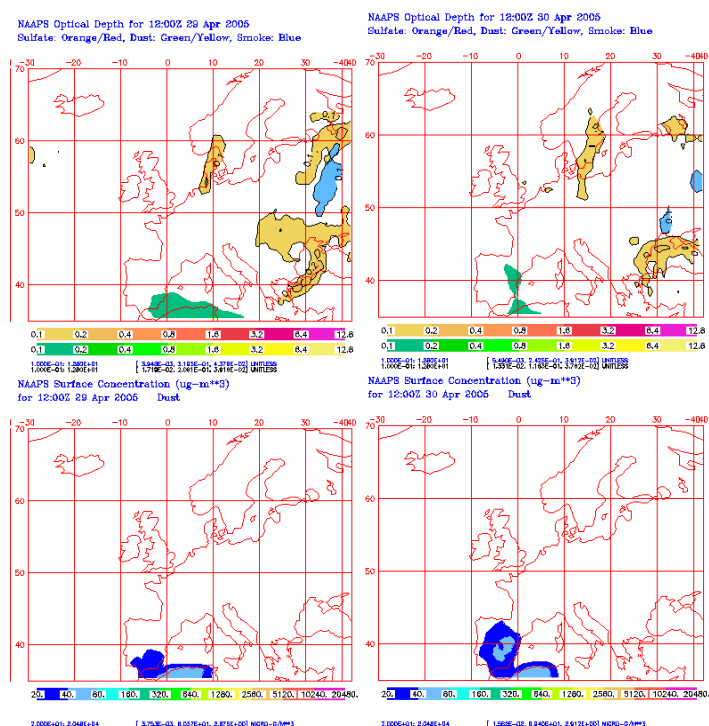
(conforme os níveis esperados pelo DREAM, cuja classificação é do tipo A⁺, isto é, o evento poderá contribuir com uma fracção de matéria particulada que pode encontrar-se numa gama de valores entre 10 - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

No dia 30 - Figura 3.11 e Figura 3.12-, o evento manifestou-se um pouco mais tendo contribuído com uma fracção de matéria particulada superior à verificada no dia anterior (incremento nos níveis de PM da Chamusca na ordem dos 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), apesar de se estar perante um evento da mesma categoria, no caso do tipo A⁺.



Fonte: © Euro-Mediterranean Centre on Insular and Coastal Dynamics

Figura 3.10: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias de 29 e 30 de Abril de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.11: Mapas para os dias 27 a 30 de Abril de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície

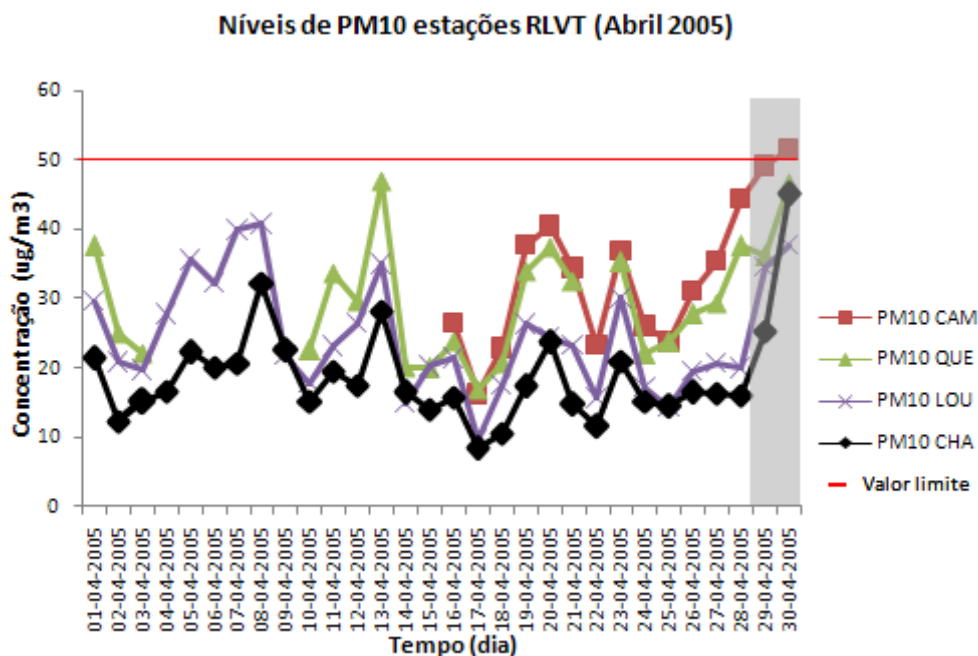


Figura 3.12: Níveis de PM₁₀ em estações da RLVT (Abril de 2005)

Na Figura 3.12 apenas se reproduziram os comportamentos de algumas estações, uma vez que todas as estações da RLVT apresentavam boas correlações com o

comportamento de PM da Chamusca durante Abril (Tabela 3.7), determinou-se que apenas as 3 estações com correlações mais elevadas seriam alvo de análise, no caso, Camarinha (que apenas apresenta informação para a 2ª quinzena de Abril), Quebedo e Loures. É interessante verificar, que apesar de a estação da Camarinha e estação do Quebedo estarem geograficamente distantes, e o tipo de influência e ambiente serem distintos, apresentam uma elevada correlação no que diz respeito ao comportamento do poluente durante o mês de Abril. No entanto, e quando se dá a intrusão de massas de ar com origem africana, é com a estação de Loures que existe uma forte correlação.

Tabela 3.7: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Março)

	Correlação Mensal		Correlação EN	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,80	PM10 CAM	0,52
	PM10 LAR	0,70	PM10 LAR	0,67
	PM10 LOU	0,78	PM10 LOU	0,76
	PM10 MEM	0,66	PM10 MEM	0,60
	PM10 OLI	0,65	PM10 OLI	0,27
	PM10 MARQ	0,71	PM10 MARQ	0,44
	PM10 REB	0,66	PM10 REB	0,59
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,55	PM10 AVL	0,06
	PM10 CAS	0,56	PM10 CAS	0,56
	PM10 ENT	0,64	PM10 ENT	0,48
	PM10 ODI	0,71	PM10 ODI	0,63
	PM10 QUE	0,81	PM10 QUE	0,65

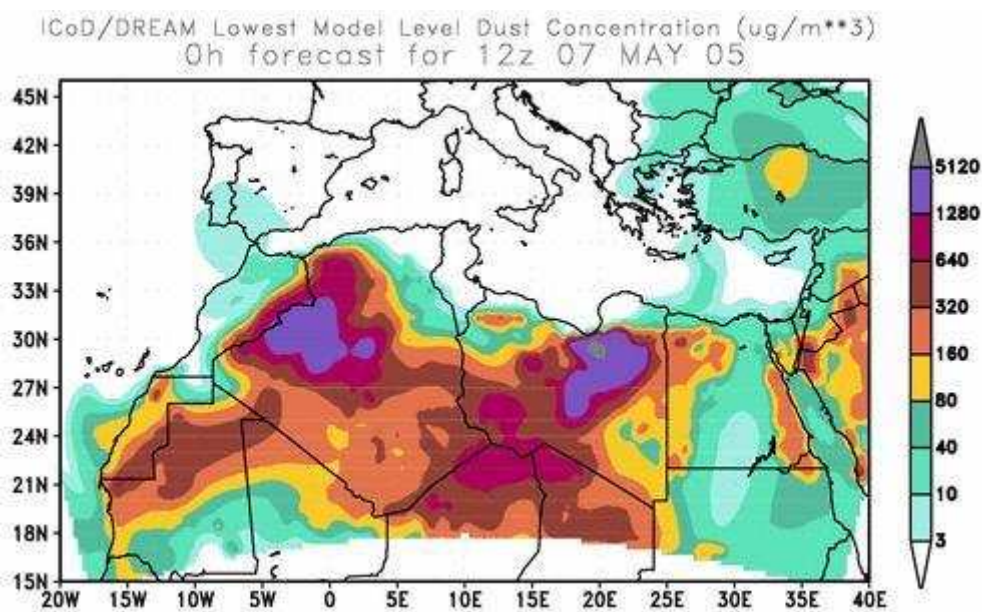
3.1.5 Maio

O mês de Maio à semelhança do que aconteceu em Abril caracterizou-se por apresentar escassas precipitações. As temperaturas ascenderam notavelmente, tendo-se sentido no final do mês os primeiros dias de calor, consequência de uma massa de ar de origem norte-africana sobre quase toda a geografia peninsular [16,27]. Na Tabela 3.8 encontram-se os dias em que ocorreram intrusões de massas de ar em Portugal durante o mês de Maio de 2005, segundo as duas metodologias.

Tabela 3.8: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Maio de 2005

MAIO 2005									
ID 2005									
	25 - 27								
	30 - 31								
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
RLVT _{Norte}	24								
RLVT _{Sul}		24							
RLVT	7	25-26		31					

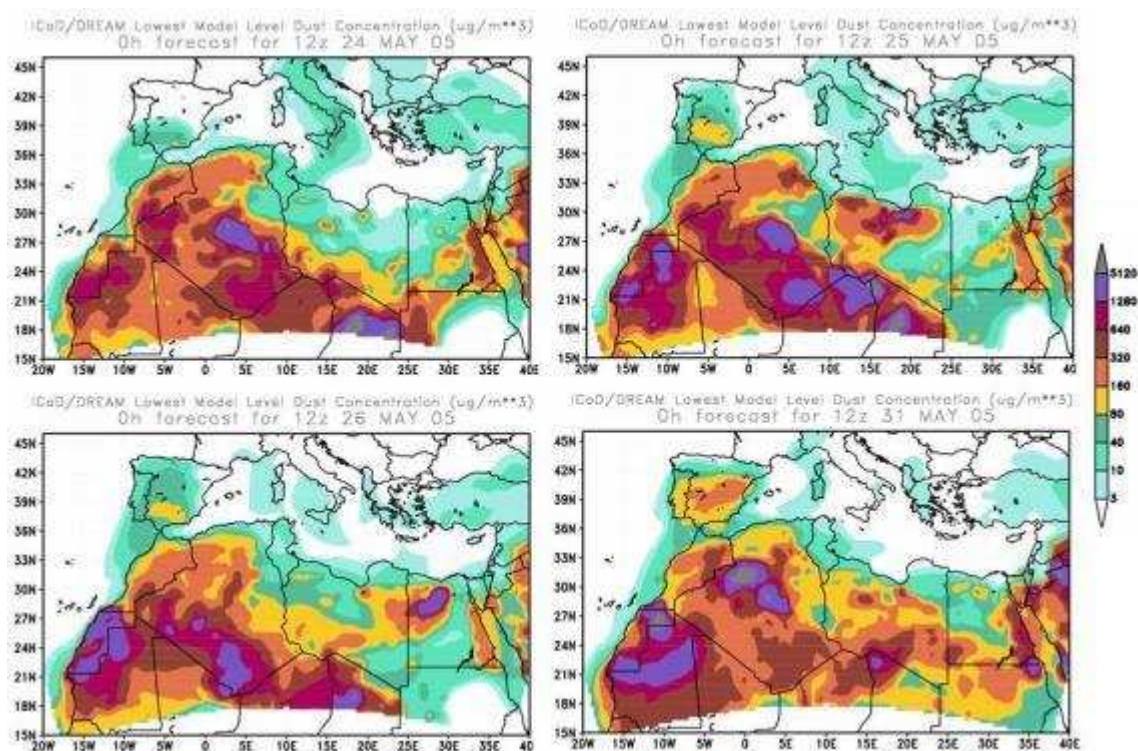
O episódio africano registado no dia 7 de Maio caracteriza-se por ser um episódio com pouca expressão, sendo de acordo com o DREAM um evento do tipo A⁻, cuja contribuição se encontra numa gama de valores que pode estar entre os 3 e os 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 3.13).



Fonte: © Euro-Mediterranean Centre on Insular and Coastal Dynamics
Figura 3.13: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICoD/DREAM, para o dia 7 de Maio de 2005.

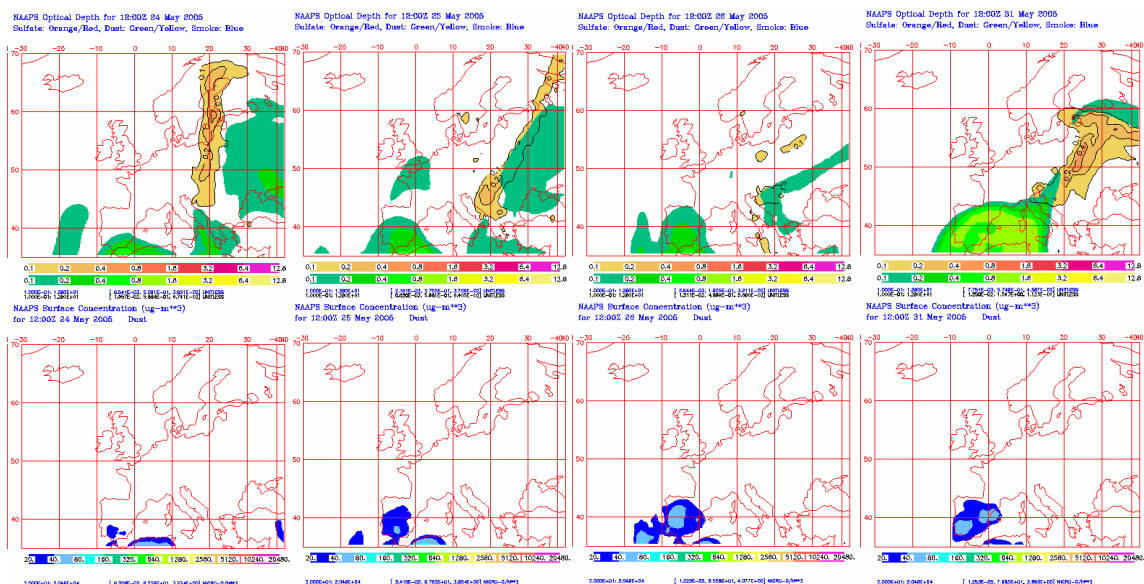
A partir do dia 24 do mês de Maio produziu-se um prolongado episódio africano sobre a Península e Baleares, que se estendeu até ao dia 6 de Junho. Este episódio começou por afectar a RLVT durante o dia 24 até o dia 26, de expressão discreta (Figura 3.14 e Figura 3.16), não influenciou fortemente os níveis de PM registados nas estações de monitorização da RLVT.

Nos dias 27 e 28, a pluma de partículas que influenciava a RLVT moveu-se ligeiramente até ao Sudeste da Península, apresentando como consequência a inexistência de evento sobre a RLVT. A partir do dia 31 o episódio tornou-se mais vigoroso, e volta a afectar novamente toda a RLVT; desta vez o evento caracteriza-se por os níveis de partículas da pluma poderem contribuir até $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Fonte: © Euro-Mediterranean Centre on Insular and Coastal Dynamics

Figura 3.14: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo ICOD/DREAM, para os dias de 24, 25, 26 e 31 de Maio de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.15: Mapas para os dias 24 a 31 de Maio de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície

Na Figura 3.16, encontram-se representados os níveis de PM_{10} para estações da Chamusca, Quebedo, Olivais e Odivelas durante o mês de Maio. Mais uma vez, e à semelhança do que tem vindo a ser apresentado, escolheram-se as 3 estações que apresentam uma forte correlação do comportamento do poluente durante o mês de Maio (Tabela 3.9). É interessante verificar que quanto mais forte é o episódio africano, mais forte é a correlação entre estações.

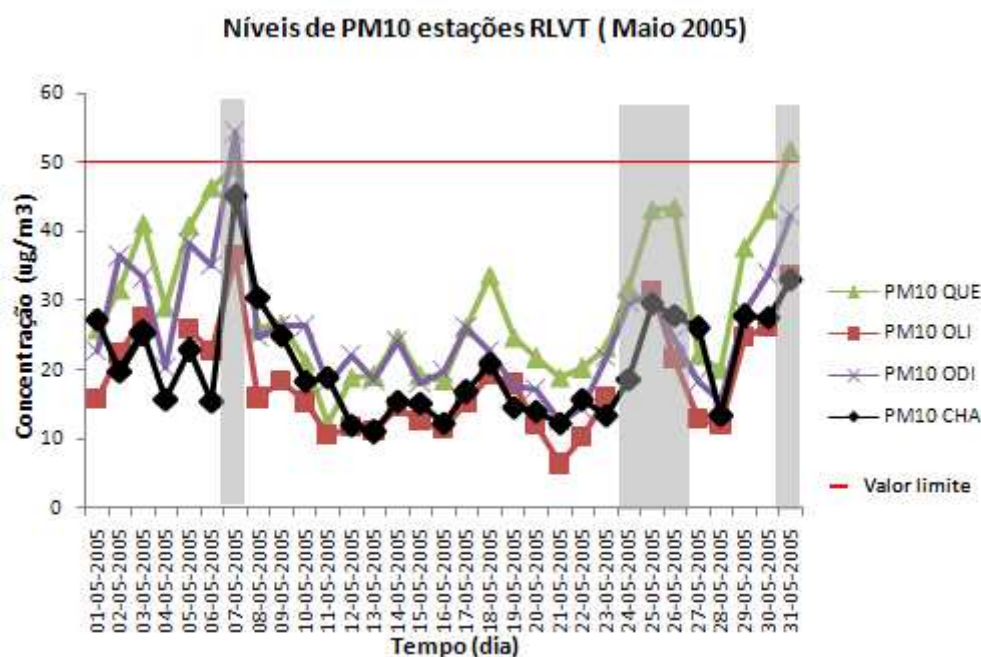


Figura 3.16: Níveis de PM_{10} em estações da RLVT (Maio de 2005)

Tabela 3.9: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Maio)

	Correlação Mensal		Correlação EN1		Correlação EN2		Correlação EN3	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,67	PM10 CAM	0,30	PM10 CAM	0,74	PM10 CAM	0,92
	PM10 LAR	0,67	PM10 LAR	0,46	PM10 LAR	0,77	PM10 LAR	0,95
	PM10 LOU	0,71	PM10 LOU	0,56	PM10 LOU	0,61	PM10 LOU	0,97
	PM10 MEM	0,66	PM10 MEM	0,50	PM10 MEM	0,50	PM10 MEM	0,85
	PM10 OLI	0,79	PM10 OLI	0,68	PM10 OLI	0,81	PM10 OLI	0,98
	PM10 MARQ	0,56	PM10 MARQ	0,23	PM10 MARQ	0,47	PM10 MARQ	0,95
	PM10 REB	0,63	PM10 REB	0,32	PM10 REB	0,63	PM10 REB	0,95
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,33	PM10 AVL	0,04	PM10 AVL	0,33	PM10 AVL	0,87
	PM10 CAS	0,50	PM10 CAS	0,22	PM10 CAS	0,61	PM10 CAS	0,85
	PM10 ENT	0,67	PM10 ENT	0,56	PM10 ENT	0,73	PM10 ENT	0,92
	PM10 ODI	0,72	PM10 ODI	0,71	PM10 ODI	0,68	PM10 ODI	0,96
	PM10 QUE	0,70	PM10 QUE	0,38	PM10 QUE	0,82	PM10 QUE	0,96

3.1.6 Junho

Junho continuou com a tônica dos meses anteriores, no que diz respeito à escassez de precipitação em toda a Península. A seca foi extrema em todas as regiões, e o calor começou a ser intenso em muitas das regiões, sendo na altura, o risco de incêndios florestais muito elevado em boa parte destas [16,27].

A primeira semana do mês Junho continuou com a mesma situação que caracterizou o final de Maio, debaixo do domínio das massas de ar de origem dos desertos de África [16,27].

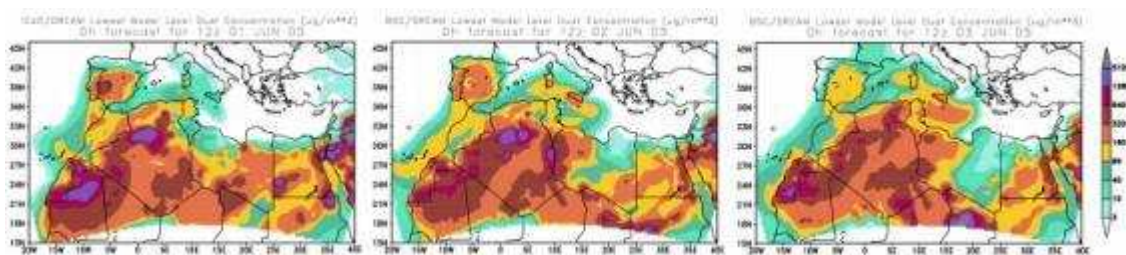
Na Tabela 3.10 encontram-se os dias referentes à ocorrência de intrusões de massas de ar, em Portugal durante o mês de Junho de 2005 (nesta tabela resumo estão registadas todas as intrusões verificadas segundo a metodologia utilizada em 2005, e segundo a nova metodologia)

Tabela 3.10: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Junho de 2005

JUNHO 2005									
ID 2005									
1 - 3									
22 - 24									
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
RLVT _{Norte}			8	1-2					
RLVT _{Sul}	3	8			1-2				
RLVT	9,12	10-11, 21-22, 24	23						

O episódio africano que começou no mês de Maio continuou durante os primeiros dias de Junho, tendo sido o dia 1 especialmente intenso em todo o território nacional, e em especial na RLVT. Esta intensidade prevaleceu no dia seguinte, tendo no dia 3 dissipado. No dia 3, a pluma deixou de influenciar toda a RLVT, e apenas (segundo o modelo DREAM), a zona Sul desta região terá sido influenciada (Figura 3.17).

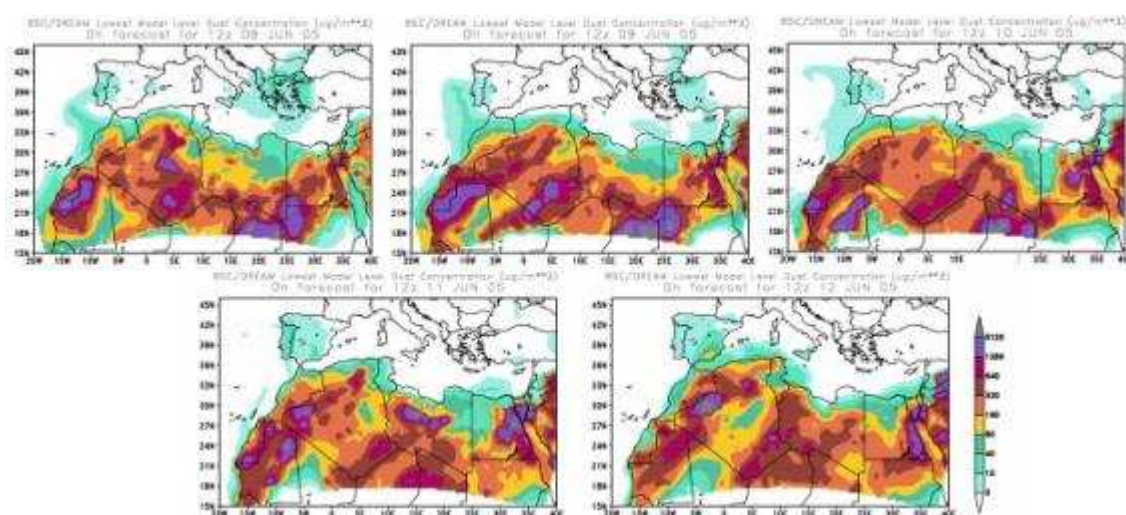
Apesar deste episódio africano poder caracterizar-se como um evento intenso, podendo influenciar os níveis de PM monitorizados nas estações até $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tal não foi verificado como se pode observar através da Figura 3.21 e da Figura 3.22.



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.17: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 1 a 3 de Junho de 2005.

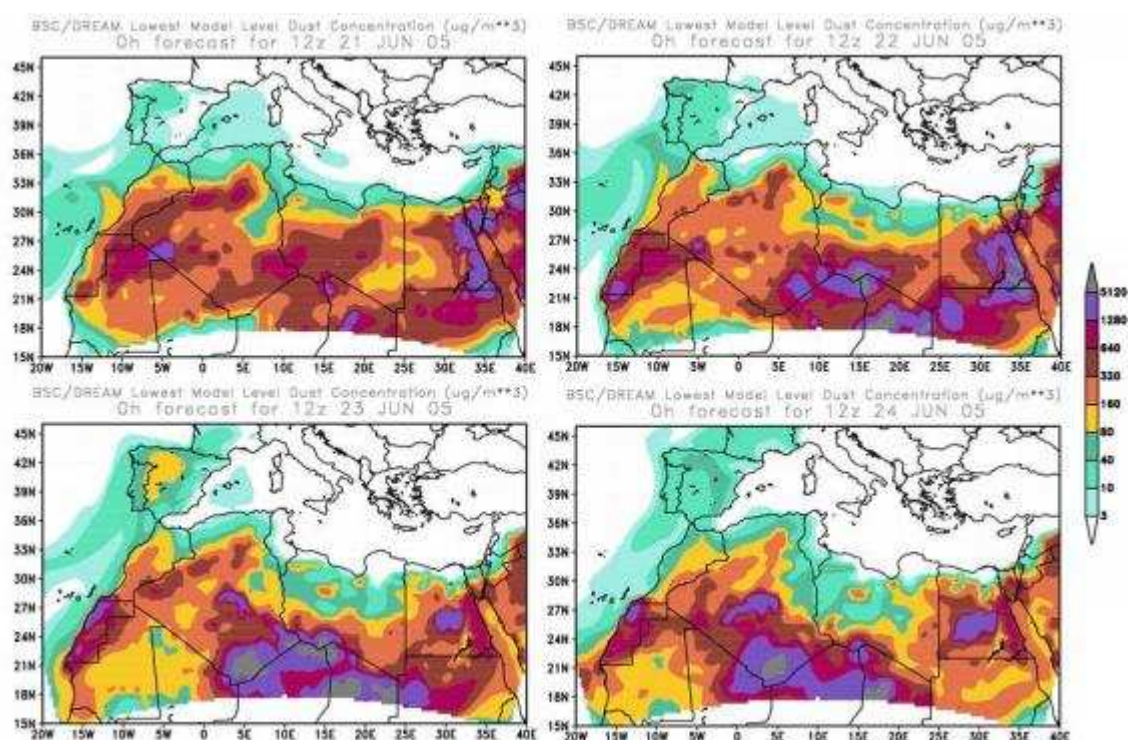
Nos dias 8, 9, 10, 11 e 12 a RLVT é novamente afectada por um novo evento natural (Figura 3.18), apesar de ser um episódio com pouca expressão, cuja contribuição de matéria particulada seria no máximo de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, este fez-se sentir de uma forma clara em todas as estações, contribuindo para que todas as estações apresentassem excedências dos níveis de PM_{10} durante parte deste evento (Figura 3.21 e da Figura 3.22). Ao contrário do primeiro episódio do mês cujas contribuições estariam numa gama de concentrações superior, o segundo episódio apesar de ser menos intenso terá tido maior influência nos níveis de partículas das estações de monitorização devido a condições meteorológicas mais favoráveis para o efeito.



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

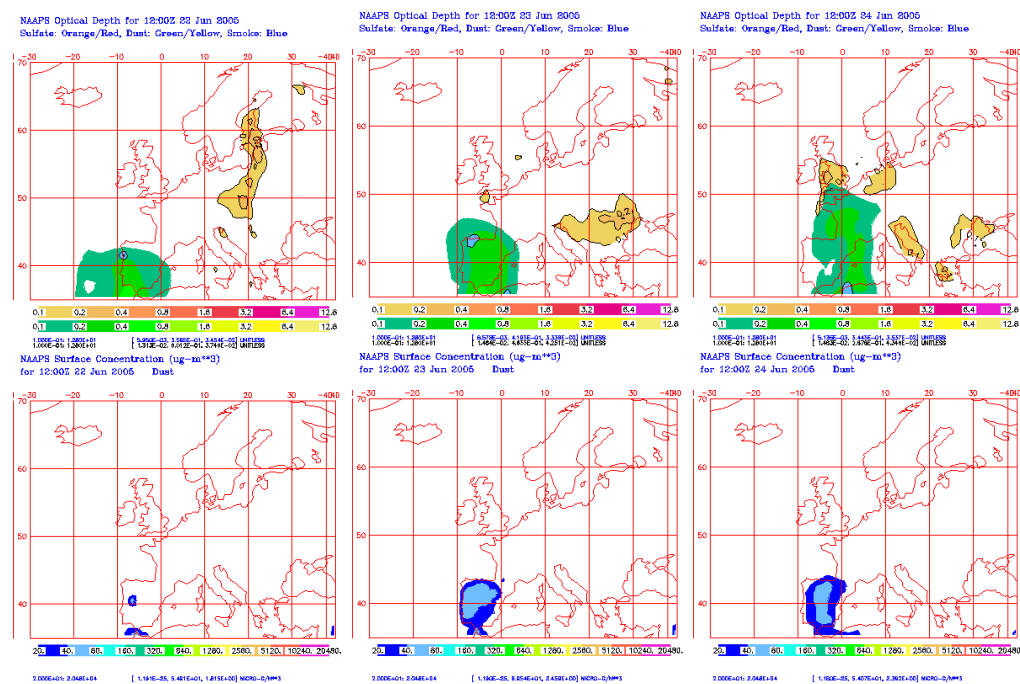
Figura 3.18: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 8 a 12 de Junho de 2005.

Durante a última semana de Junho regista-se novo episódio na RLVT. O episódio começou no dia 21, caracterizando-se pela sua pouca intensidade (A^+). No dia 22 permanece no mesmo grau de intensidade, intensificando no dia 23. No dia 24 perde expressão sobre a RLVT, e no mesmo dia deixa de influenciar esta região. Mais uma vez, e há semelhança do que se verificou neste mês de Junho de 2005, os episódios categorizados segundo o DREAM, como episódios pujantes, isto é, episódios que podem contribuir no mínimo com um teor de $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ (categoria segundo nova metodologia, baseada no DREAM, episódio do tipo B^-), não foram os episódios que mais influenciaram as estações de monitorização da RLVT (Figura 3.21 e da Figura 3.22), ao contrário do que seria expectável, tais acontecimentos, poderão estar relacionados com condições meteorológicas mais favoráveis para tal facto (esta situação será alvo de análise mais detalhada posteriormente neste tese).



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.19: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 21 a 24 de Junho de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.20: Mapas para os dias 22 a 24 de Junho de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície

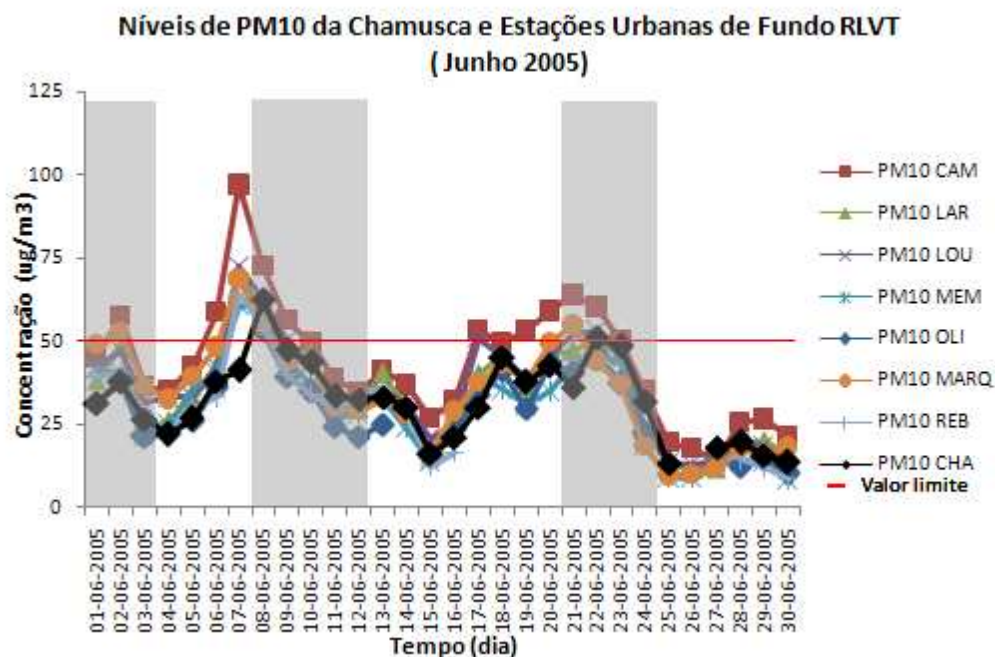


Figura 3.21: Níveis de PM₁₀ da estação da Chamusca e das estações urbanas de fundo da RLVT (Junho de 2005)

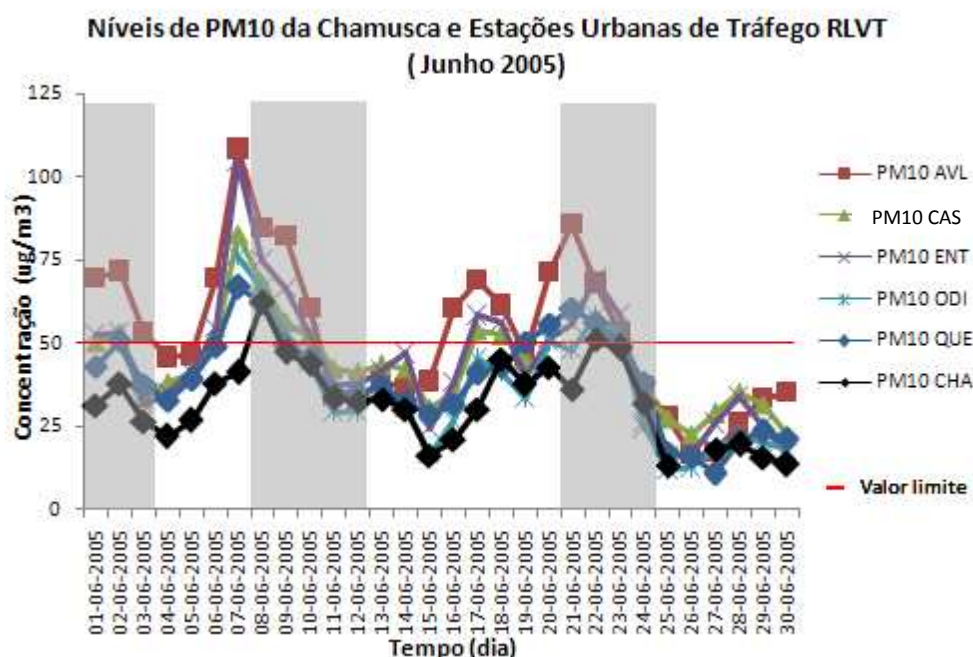


Figura 3.22: Níveis de PM₁₀ da estação da Chamusca e das estações urbanas de tráfego da RLVT (Junho de 2005)

Outra situação interessante, é que mais uma vez se verifica que quando ocorre um evento de elevada dimensão na região, existem fortes correlações no comportamento do poluente entre a estação de monitorização de fundo rural e cada uma das outras estações monitorizadas (Tabela 3.11). De salientar, que estas correlações do comportamento da matéria particulada, procuram avaliara relação que existe entre o comportamento do poluente para um determinado período de tempo. No caso, quando se dá um episódio africano, determina-se a correlação para os 3 dias antes, durante e depois do evento, permitindo observar se a influência do referido evento se dá de igual forma.

Tabela 3.11: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Junho)

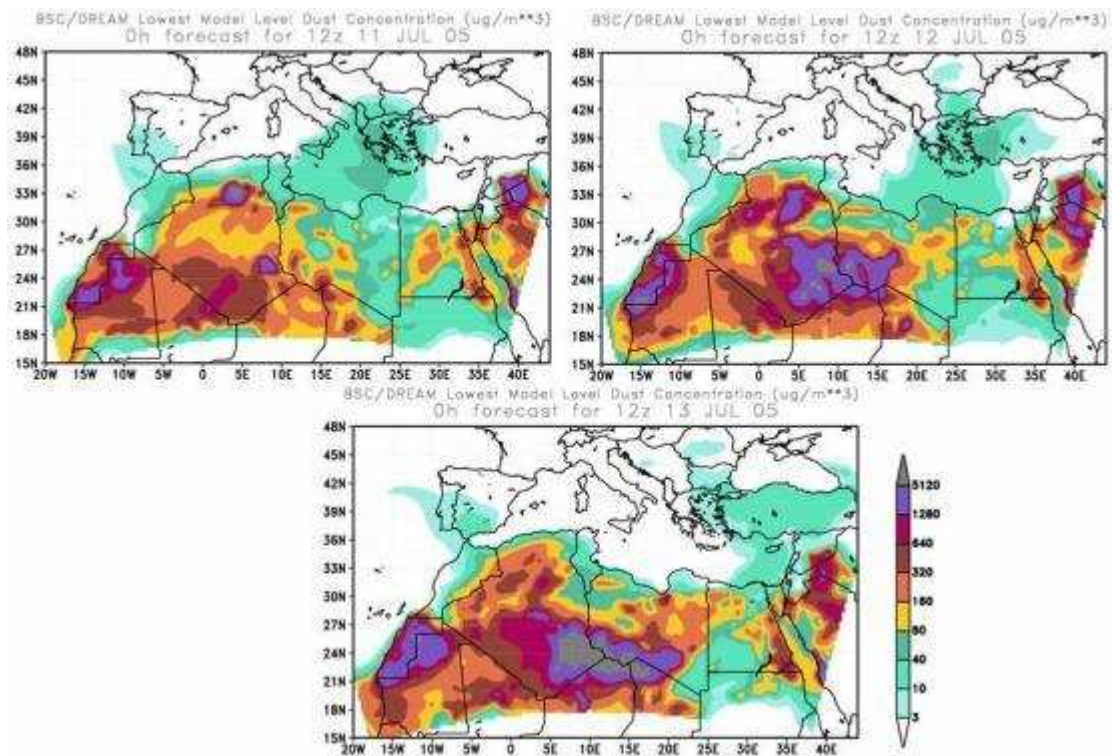
	Correlação Mensal		Correlação EN1		Correlação EN2		Correlação EN3	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,80	PM10 CAM	0,90	PM10 CAM	0,68	PM10 CAM	0,86
	PM10 LAR	0,87	PM10 LAR	0,91	PM10 LAR	0,79	PM10 LAR	0,93
	PM10 LOU	0,85	PM10 LOU	0,87	PM10 LOU	0,79	PM10 LOU	0,91
	PM10 MEM	0,87	PM10 MEM	0,79	PM10 MEM	0,84	PM10 MEM	0,92
	PM10 OLI	0,92	PM10 OLI	0,95	PM10 OLI	0,95	PM10 OLI	0,74
	PM10 MARQ	0,76	PM10 MARQ	0,89	PM10 MARQ	0,72	PM10 MARQ	0,80
	PM10 REB	0,87	PM10 REB	0,80	PM10 REB	0,77	PM10 REB	s.i.
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,67	PM10 AVL	0,82	PM10 AVL	0,68	PM10 AVL	0,73
	PM10 CAS	0,84	PM10 CAS	0,82	PM10 CAS	0,75	PM10 CAS	0,97
	PM10 ENT	0,79	PM10 ENT	0,87	PM10 ENT	0,69	PM10 ENT	0,92
	PM10 ODI	0,87	PM10 ODI	0,92	PM10 ODI	0,81	PM10 ODI	0,94
	PM10 QUE	0,86	PM10 QUE	0,91	PM10 QUE	0,79	PM10 QUE	0,86

3.1.7 Julho

O mês de Julho de 2005 caracterizou-se por apresentar temperaturas elevadas em toda a área peninsular e escassez de precipitação [16,27]. No que concerne a fenómenos de intrusão de massas de ar provenientes dos desertos africanos a RLVT foi objecto por 2 episódios durante o mês de Julho (Tabela 3.12): o primeiro fez-se sentir durante 3 dias, o segundo apenas teve duração de um dia. Estes episódios caracterizaram-se por apresentarem um registo fraco, de expressão baixa, podendo contribuir até um máximo de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, segundo o modelo DREAM.

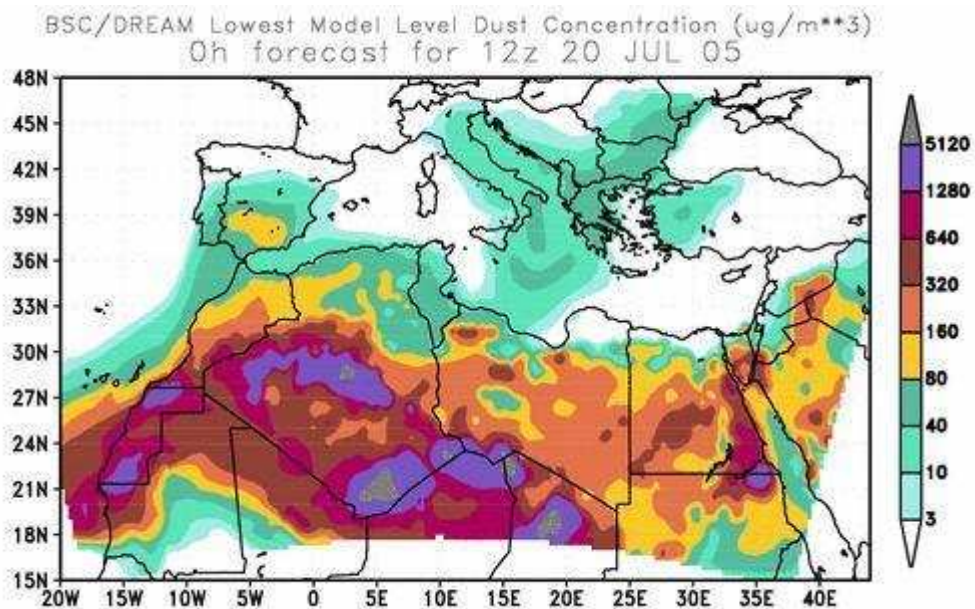
Tabela 3.12: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Julho de 2005

JUNHO 2005										
ID 2005										
Não foram identificados episódios de origem Africana durante o mês de Julho, segundo a metodologia utilizada em 2005.										
ID _{NF} 2008										
	A	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E	
RLVTNorte	12,20									
RLVTSul		12,20								
RLVT	11,13									



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.23: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 11 a 13 de Julho de 2005.



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.24: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para o dia 20 de Julho de 2005.

Apesar destas intrusões africanas serem consideradas fracas segundo o modelo DREAM, é bem visível a sua influência no que diz respeito aos níveis de PM medidos nas estações da RLVT (Figura 3.25). É interessante verificar também, que os episódios africanos foram sempre acompanhados por um aumento da temperatura máxima, como se pode observar através da Figura 3.26. É aliás no segundo episódio, que se verifica a temperatura mais alta registada durante o mês de Julho. Em suma, as massas de ar que migraram desde os desertos Norte africanos, foram responsáveis não só por um incremento nos níveis de matéria particulada em toda a região (com a mesma origem da massa de ar), mas também um aumento na temperatura.

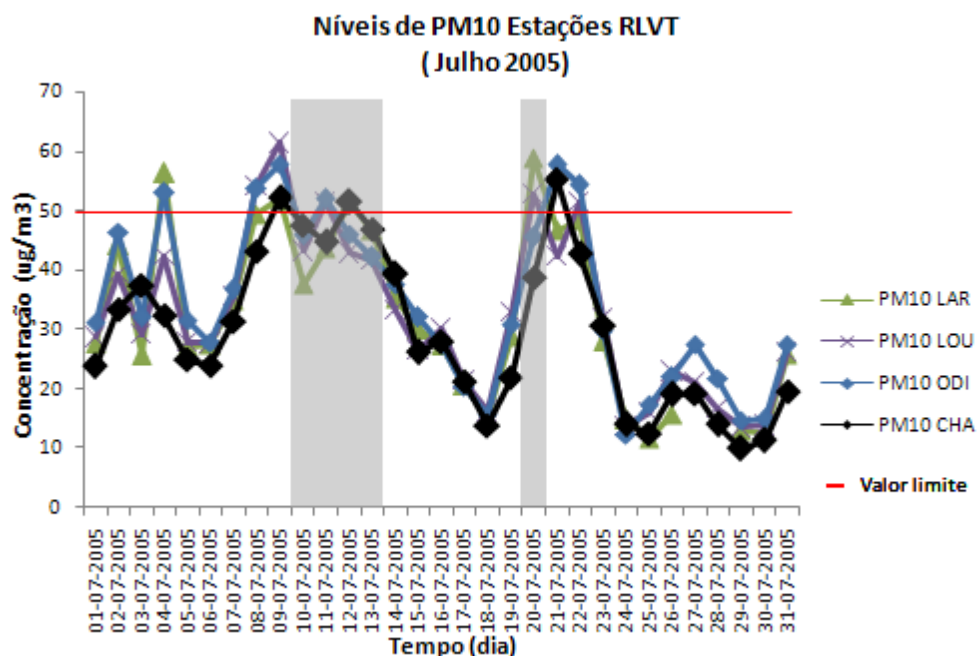


Figura 3.25: Níveis de PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ diários na estação da Chamusca (Julho de 2005)

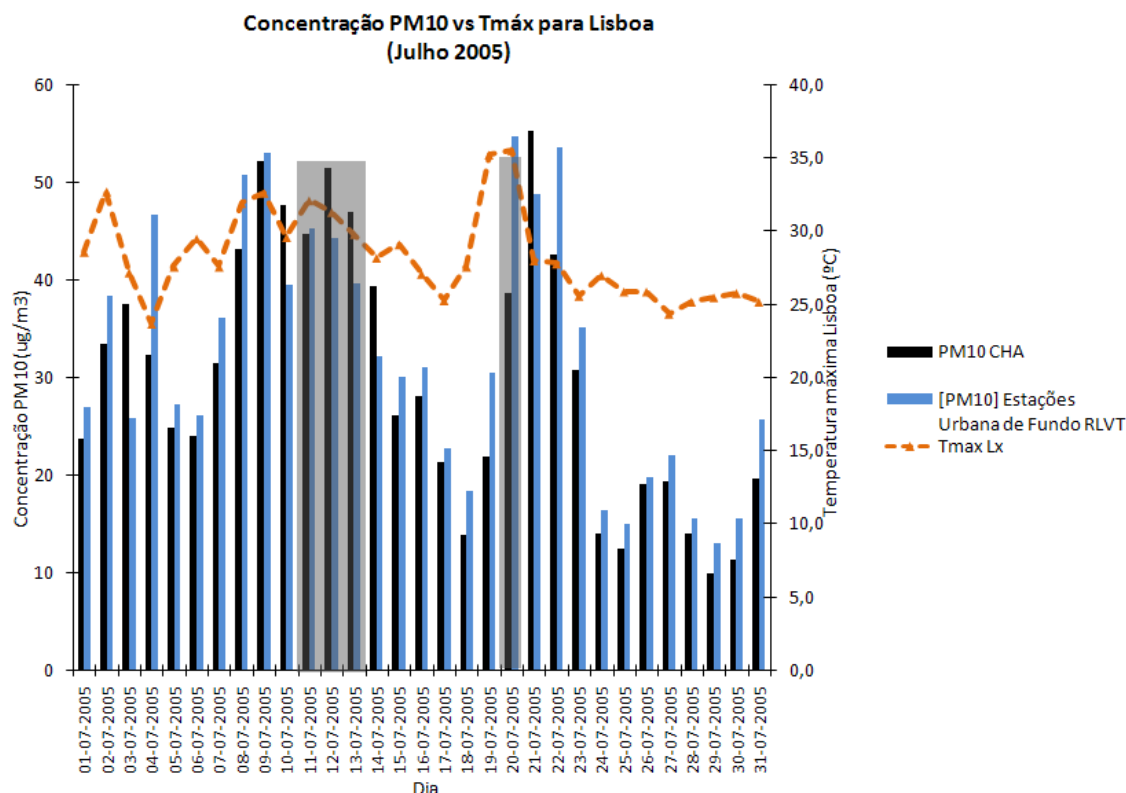


Figura 3.26: Concentração de PM₁₀ na Chamusca, concentração média de PM₁₀ das estações da RLVT e temperaturas máximas na cidade de Lisboa (Julho 2005).

Em relação ao mês de Julho, e apesar de os episódios africanos caracterizarem-se por um baixo teor de matéria particulada, as correlações entre as estações para o período pré-evento (3 dias antes), evento (duração do episódio – n dias) e pós-evento (3 dias depois) são correlações altas (Tabela 3.13).

Tabela 3.13: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Julho)

	Correlação Mensal		Correlação EN1		Correlação EN2	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,81	PM10 CAM	0,48	PM10 CAM	0,83
	PM10 LAR	0,86	PM10 LAR	0,88	PM10 LAR	0,83
	PM10 LOU	0,89	PM10 LOU	0,79	PM10 LOU	0,80
	PM10 MEM	0,75	PM10 MEM	0,67	PM10 MEM	0,88
	PM10 OLI	0,82	PM10 OLI	0,73	PM10 OLI	s.i.
	PM10 MARQ	0,01	PM10 MARQ	s.i.	PM10 MARQ	s.i.
	PM10 REB	0,82	PM10 REB	0,69	PM10 REB	0,42
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,77	PM10 AVL	0,65	PM10 AVL	0,63
	PM10 CAS	0,81	PM10 CAS	0,68	PM10 CAS	0,83
	PM10 ENT	0,80	PM10 ENT	0,89	PM10 ENT	0,64
	PM10 ODI	0,91	PM10 ODI	0,84	PM10 ODI	0,96
	PM10 QUE	0,78	PM10 QUE	0,20	PM10 QUE	0,90

3.1.8 Agosto

No mês de Agosto verificaram-se alguns episódios de advecção desde o Norte de África, que consequentemente levaram à verificação de um incremento dos níveis de PM em algumas zonas da Península, a RLVT não foi excepção tendo sido alvo três eventos durante todo o mês [16,27]. Caracterizadamente de fraca intensidade (cujo incremento nos níveis medidos nas estações da RLVT, podia ser na ordem dos 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - contribuição máxima prevista segundo o modelo DREAM), ocorreram basicamente na primeira quinzena de Agosto.

É de destacar a ocorrência de importantes incêndios florestais que aconteceram durante quase todo o mês em Portugal e em algumas zonas de Espanha.

Possivelmente, e face à magnitude, duração temporal e extensa distribuição espacial, o impacte destes incêndios se tenha repercutido sobre as concentrações de partículas à superfície em zonas próximas, especialmente sobre toda a parte ocidental da Península Ibérica - Portugal Continental na sua totalidade - [16,27].

Tabela 3.14: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Agosto de 2005

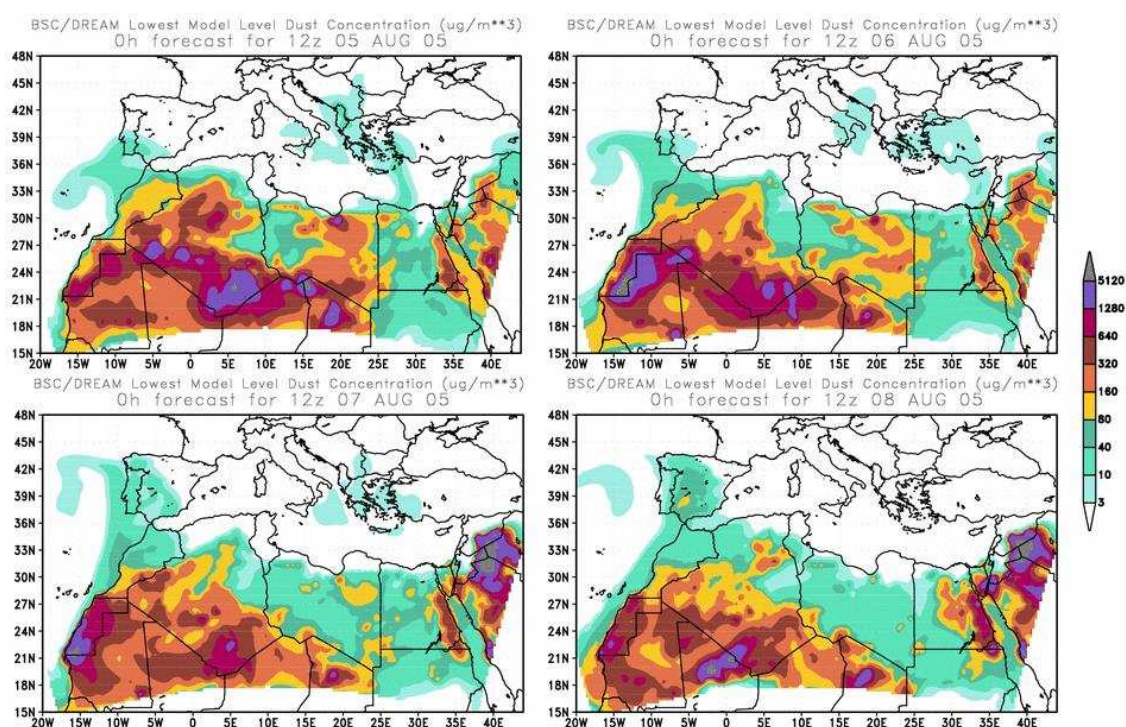
AGOSTO 2005									
ID 2005									
7-8									
15-16									
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
RLVT _{Norte}	5-6, 12,15								
RLVT _{Sul}	8 ⁽¹⁾ ,14	5-6, 15 ⁽²⁾ ,							
RLVT	16	7							

Nota:

- (1) – A intrusão Africana de dia 8 (Tipo A⁻), poderá ter influenciado não só a zona a Sul do Tejo da RLVT, mas também a zona da estação de monitorização representativa – Chamusca.
- (2) – A intrusão Africana de dia 15 (Tipo A⁺), poderá ter influenciado não só a zona a Sul do Tejo da RLVT, mas também a zona da estação de monitorização representativa – Chamusca.

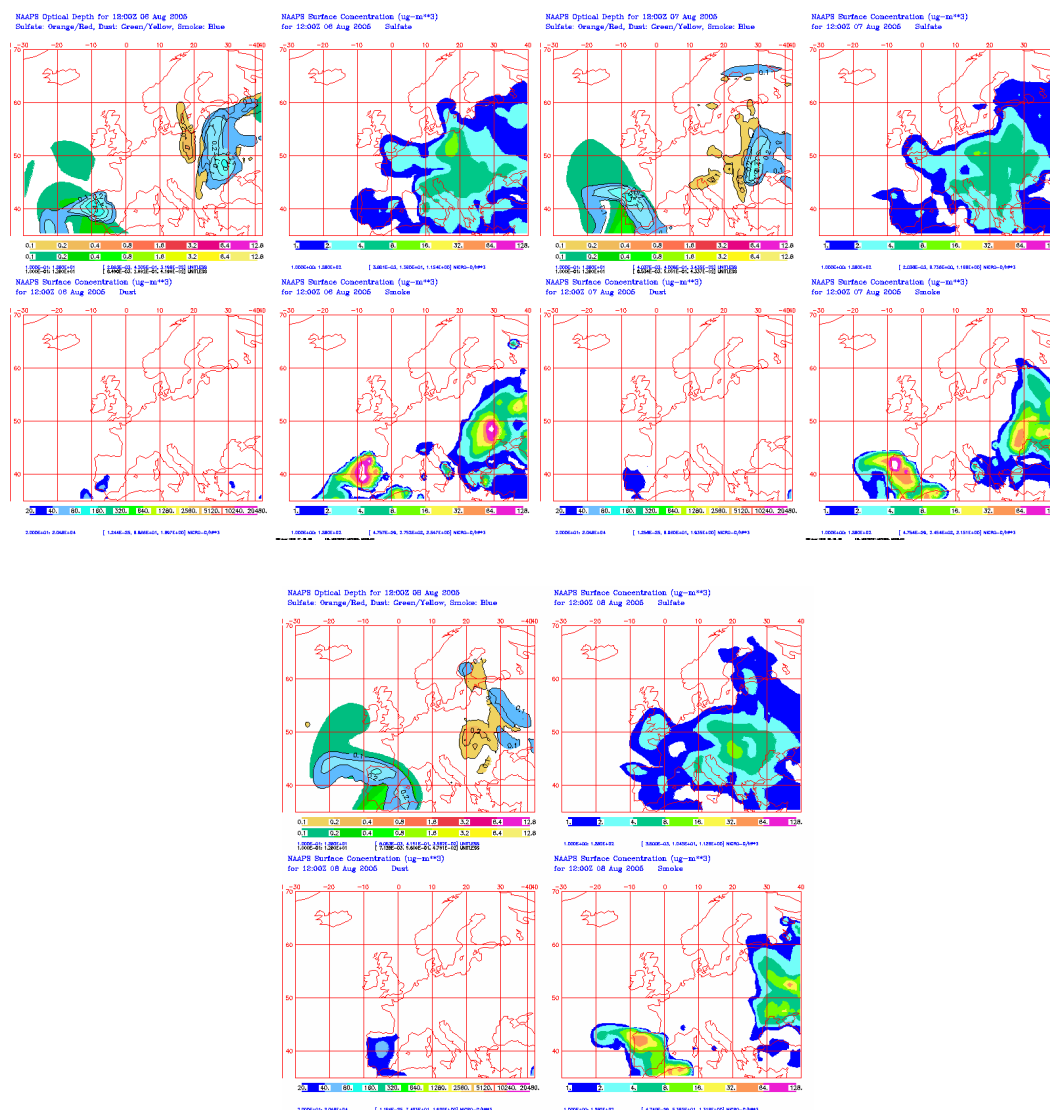
A RLVT na primeira semana do mês de Agosto, teve sob influência de um episódio africano. A pluma de partículas que entrou pelo Sudoeste da Península no dia 5

afectou a superfície de algumas zonas desta região levemente. Na RLVT, este evento segundo o modelo DREAM, no dia 5 e 6 influenciou diferenciadamente a zona Norte e a zona Sul. No entanto esta diferença não é reflectida pelos níveis de PM medidos nas estações desta Região. No dia 7 a pluma de partículas afectava de forma idêntica toda a região, mas a magnitude do evento segundo o DREAM, seria de baixa contribuição. Adicionalmente, registaram-se neste dia incêndios florestais em Portugal e na Galiza, que foram de elevada intensidade. Segundo os mapas de “smoke” do modelo NAAPS (Figura 3.28), utilizados na metodologia de identificação de 2005, é peremptória uma afectação das partículas derivadas da combustão de massas florestais, com concentrações importantes em todas as zonas, como tal é provável que os níveis de PM sejam elevados (sendo expectável também que a proveniência destas partículas não seja só de origem africana, mas também da combustão de biomassa). A situação é similar para o dia seguinte (dia 8) no que se refere ao “smoke”, não obstante, neste dia o episódio africano terá sido sentido apenas na zona Sul da RLVT e nas imediações da estação da Chamusca.



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

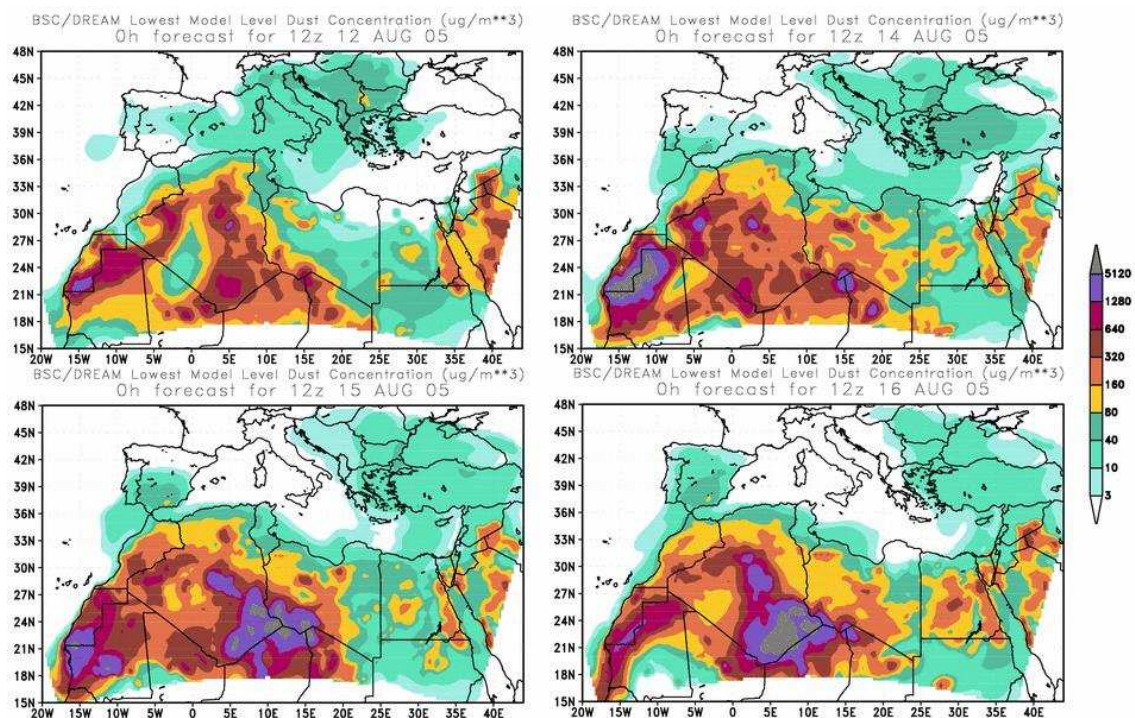
Figura 3.27: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 5 a 8 de Agosto de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

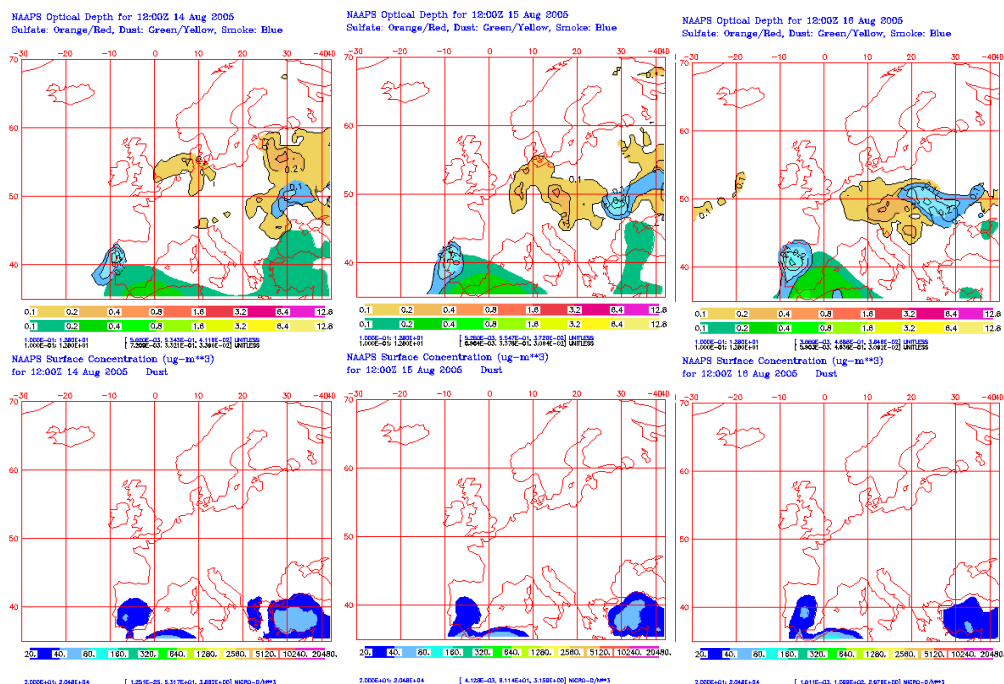
Figura 3.28: Mapas para os dias 6 a 8 de Agosto de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície, concentração de sulfatos e partículas de “smoke” à superfície

No dia 12 a zona Norte da RLVT é novamente influenciada por um novo episódio africano de baixa expressão, que rapidamente se dissipa. Verificando-se no dia 14, o início de um novo episódio de advecção desde o Norte de África que permanece sobre toda a RLVT até o dia 16 (Figura 3.29). Caracteristicamente de fraca intensidade, poderá ter contribuído para algumas das excedências verificadas na RLVT, durante o período de influência deste episódio



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.29: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 12, 14 a 16 de Agosto de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.30: Mapas para os dias 14 a 18 de Agosto de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície

À semelhança do que tem vindo a ser feito do decorrer deste trabalho de identificação de episódios africanos, procedeu-se mais uma vez à análise do comportamento do poluente para um mês. No caso concreto do mês de Agosto, a análise gráfica recaiu sobre as estações de Loures, Reboleira, Odivelas, por serem as estações que apresentam fortes correlações (Tabela 3.15) com a estação representativa da região – Chamusca. Contrariamente ao que se tem verificado, de que quanto mais intenso o episódio segundo o modelo DREAM, maior é a correlação, verifica-se neste caso fortes correlações para o segundo e terceiro episódios, apesar de serem episódios de baixa magnitude.

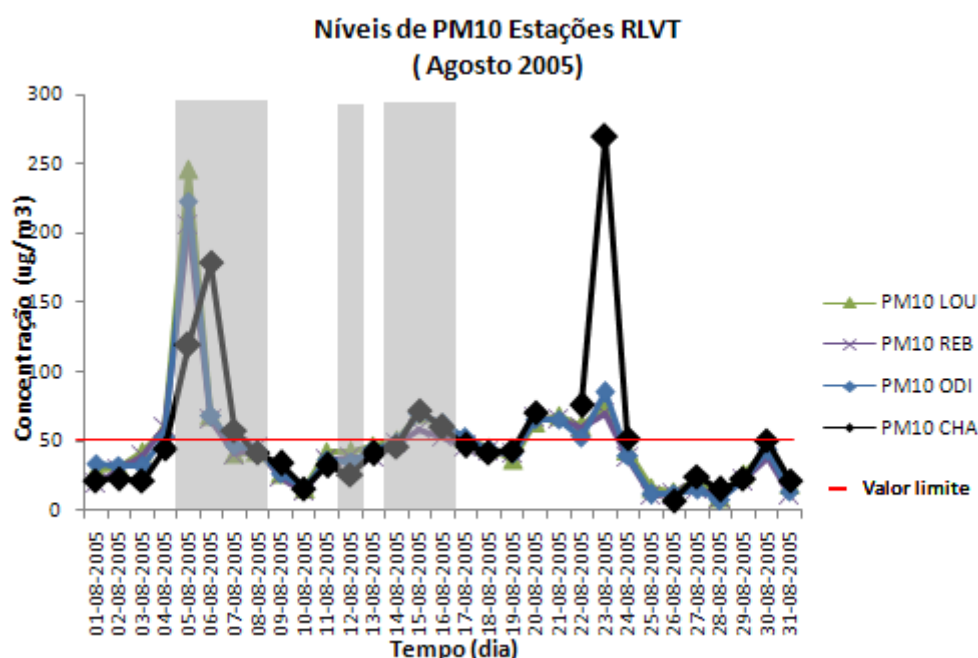


Figura 3.31: Níveis de PM₁₀ em estações da RLVT (Agosto de 2005)

Tabela 3.15: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Agosto)

	Correlação Mensal		Correlação EN1		Correlação EN2		Correlação EN3	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,78	PM10 CAM	0,71	PM10 CAM	0,59	PM10 CAM	0,45
	PM10 LAR	0,69	PM10 LAR	0,93	PM10 LAR	0,76	PM10 LAR	0,69
	PM10 LOU	0,50	PM10 LOU	0,58	PM10 LOU	0,90	PM10 LOU	0,89
	PM10 MEM	0,49	PM10 MEM	0,61	PM10 MEM	0,86	PM10 MEM	0,85
	PM10 OLI	0,76	PM10 OLI	0,78	PM10 OLI	s.s.	PM10 OLI	s.s.
	PM10 MARQ	0,70	PM10 MARQ	s.s.	PM10 MARQ	s.s.	PM10 MARQ	0,85
	PM10 REB	0,53	PM10 REB	0,60	PM10 REB	0,87	PM10 REB	0,94
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,52	PM10 AVL	0,49	PM10 AVL	0,70	PM10 AVL	0,76
	PM10 CAS	0,58	PM10 CAS	0,62	PM10 CAS	0,75	PM10 CAS	0,74
	PM10 ENT	0,55	PM10 ENT	0,58	PM10 ENT	0,95	PM10 ENT	0,91
	PM10 ODI	0,56	PM10 ODI	0,60	PM10 ODI	0,96	PM10 ODI	0,98
	PM10 QUE	0,58	PM10 QUE	0,58	PM10 QUE	0,58	PM10 QUE	0,41

3.1.9 Setembro

O mês de Setembro continuou à semelhança dos meses anteriores, seco e quente na generalidade da geografia peninsular. Durante o mês de Setembro registaram-se na RLVT duas entradas de massas de ar desde o Norte de África. Estes episódios ocorreram durante a segunda quinzena do mês, não tiveram uma duração relevante, nem foram influentes no que diz respeito à sua contribuição para os níveis medidos durante o período de influência das massas de ar com origem nos desertos africanos. No entanto, e segundo o DREAM era expectável que em particular no dia 15, houvesse um acréscimo máximo na ordem dos $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nos níveis medidos zona Sul da RLVT. Na Tabela 3.16 encontram-se os dias referentes à ocorrência de intrusões de massas de ar em Portugal, durante o mês de Setembro de 2005.

Tabela 3.16: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Setembro de 2005

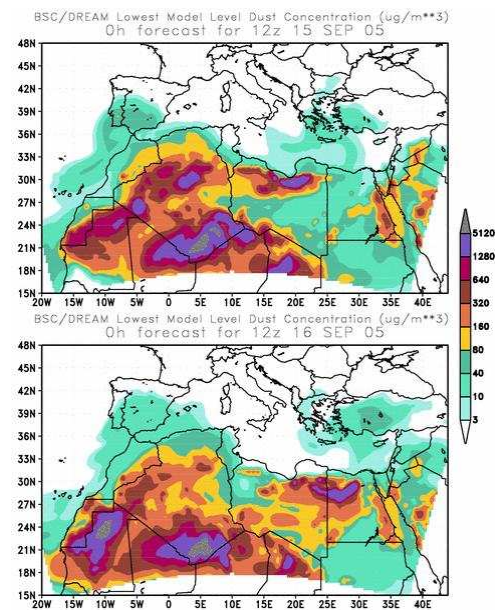
SETEMBRO 2005									
ID 2005									
15-16									
29-30									
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
RLVT _{Norte}	30	15							
RLVT _{Sul}	16 ⁽¹⁾ , 29 ⁽²⁾	30	15						

Nota:

- (1) – A intrusão Africana de dia 16 (Tipo A⁻), poderá ter influenciado não só a zona a Sul do Tejo da RLVT, mas também a zona da estação de monitorização representativa – Chamusca, com a mesma intensidade.
- (2) – A intrusão Africana de dia 29 (Tipo A⁻), poderá ter influenciado não só a zona a Sul do Tejo da RLVT, mas também a zona da estação de monitorização representativa – Chamusca, com a mesma intensidade.

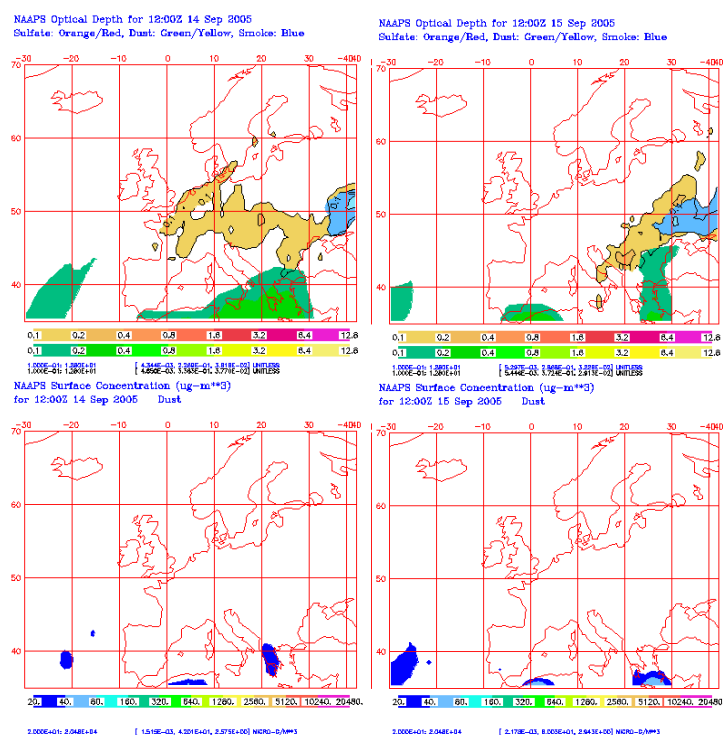
Foi no período de 15 a 16 de Setembro de 2005, que mais uma vez a RLVT esteve sob influência de uma massa de ar origem no Norte de África, especialmente proveniente do Sul da Argélia.

Este episódio foi um pouco intenso em algumas zonas da RLVT, como demonstram os mapas DREAM (Figura 3.34), tendo tipo maior expressão segundo este modelo na zona Sul da RLVT; no entanto esta diferença não é evidente nos níveis de PM₁₀ registados nas estações a Norte a Sul da RLVT, como se pode constatar na Figura 3.36.



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.32: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 14 a 16 de Setembro de 2005.

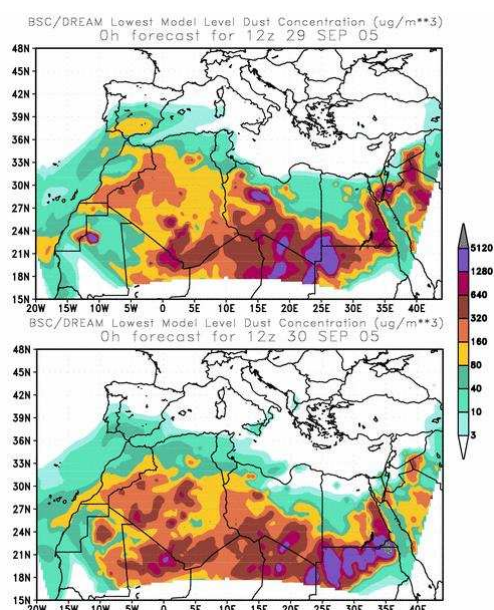


Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.33: Mapas para os dias 14 a 15 de Setembro de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície

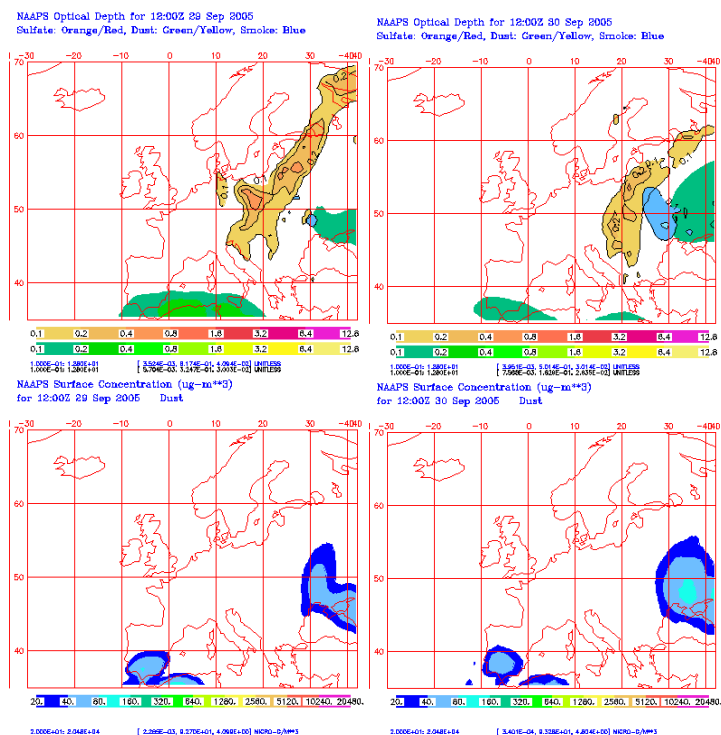
No final do mês de Setembro verificou-se novamente transporte de material em suspensão de origem mineral sobre parte da zona meridional da Península. A pluma de partículas começou por afectar o Sudeste no dia 27, estendendo-se a todo o Sul nos dias seguintes, afectando levemente a zona Centro e Oeste nos dias 29 e 30. Foi exactamente nesta altura que a RLVT sofreu influência desta massa de ar, que de acordo com o modelo DREAM, tratava-se de um massa de ar cujo teor de matéria particulada era baixo. As zonas de origem desta massa localizam-se sobre a Argélia e Marrocos, apesar de não estarem muito activas durante este episódio.

Segundo a metodologia utilizada em 2005 neste episódio existe uma concordância na informação prevista pelos modelos DREAM e NAAPS (Figura 3.34 e Figura 3.35), ao contrário do que aconteceu no episódio verificado a meio do mês (Figura 3.33), cuja informação não era consonante.



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.34: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias de 27 a 30 de Setembro de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.35: Mapas para os dias 29 a 30 de Setembro de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície

No que diz respeito à análise dos níveis de PM durante o mês de Setembro, esta recaiu sobre a estação de monitorização do Laranjeiro e a dos Olivais (Figura 3.36), por apresentarem as correlações mais elevadas com a estação da Chamusca (Tabela 3.17), independentemente da ocorrência de eventos naturais ou não. Observando o comportamento do poluente nas várias estações é possível constatar, que não é evidente a diferença da magnitude do evento nos níveis monitorizados, apesar de ser expectável segundo o modelo DREAM um impacte diferenciado sobre a zona Sul e a Norte.

No mês de Setembro, verifica-se mais uma vez que no período de ocorrência de episódios africanos de fraca intensidade, não se observam fortes correlações, sendo inferiores a 0,8.

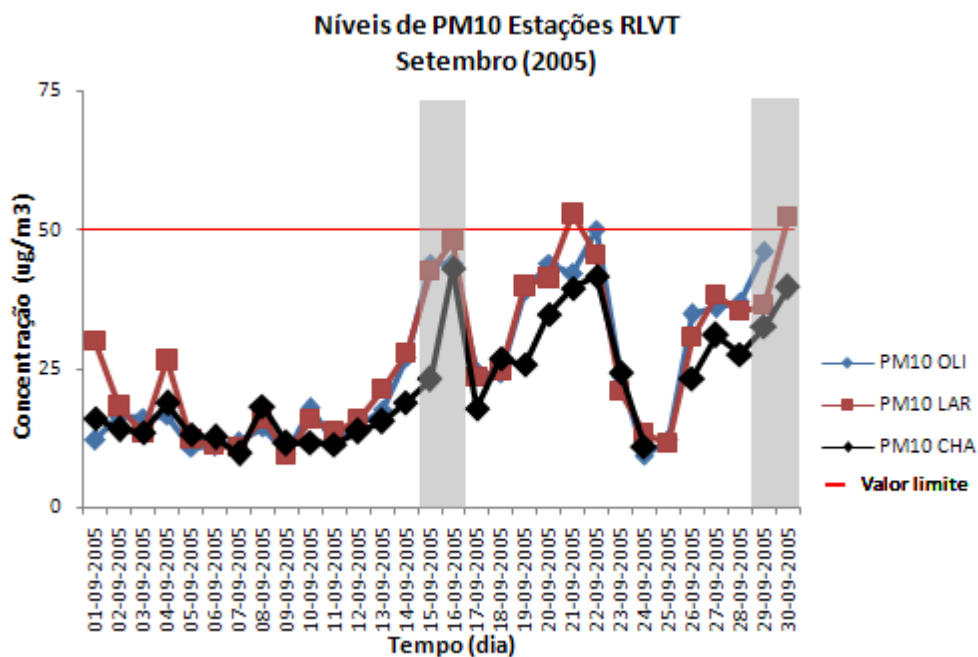


Figura 3.36: Níveis de PM₁₀ e PM_{2,5} diários na estação da Chamusca (Setembro de 2005)

Tabela 3.17: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Setembro)

	Correlação Mensal		Correlação EN1		Correlação EN2	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,91	PM10 CAM	0,61	PM10 CAM	0,67
	PM10 LAR	0,92	PM10 LAR	0,80	PM10 LAR	0,74
	PM10 LOU	0,83	PM10 LOU	0,61	PM10 LOU	0,51
	PM10 MEM	0,88	PM10 MEM	0,74	PM10 MEM	0,57
	PM10 OLI	0,91	PM10 OLI	0,74	PM10 OLI	0,70
	PM10 MARQ	0,85	PM10 MARQ	0,53	PM10 MARQ	0,62
	PM10 REB	0,86	PM10 REB	0,50	PM10 REB	0,38
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,89	PM10 AVL	0,62	PM10 AVL	0,52
	PM10 CAS	0,82	PM10 CAS	0,41	PM10 CAS	0,57
	PM10 ENT	0,83	PM10 ENT	0,45	PM10 ENT	0,49
	PM10 ODI	0,89	PM10 ODI	0,67	PM10 ODI	0,45
	PM10 QUE	0,90	PM10 QUE	0,58	PM10 QUE	0,74

3.1.10 Outubro

O mês de Outubro caracterizou-se em boa parte da Península (excepção feita às áreas de Levante e Sudeste) pelo registo de chuvas abundantes, na metade Ocidental e Norte. Estas chuvas ocorreram devido à passagem de frentes associadas a tempestades, que estiveram localizadas na costa portuguesa e na Galiza. Esta situação de humidade foi benéfica, registando-se níveis de contaminação sensivelmente mais baixos na maioria das zonas [16,27].

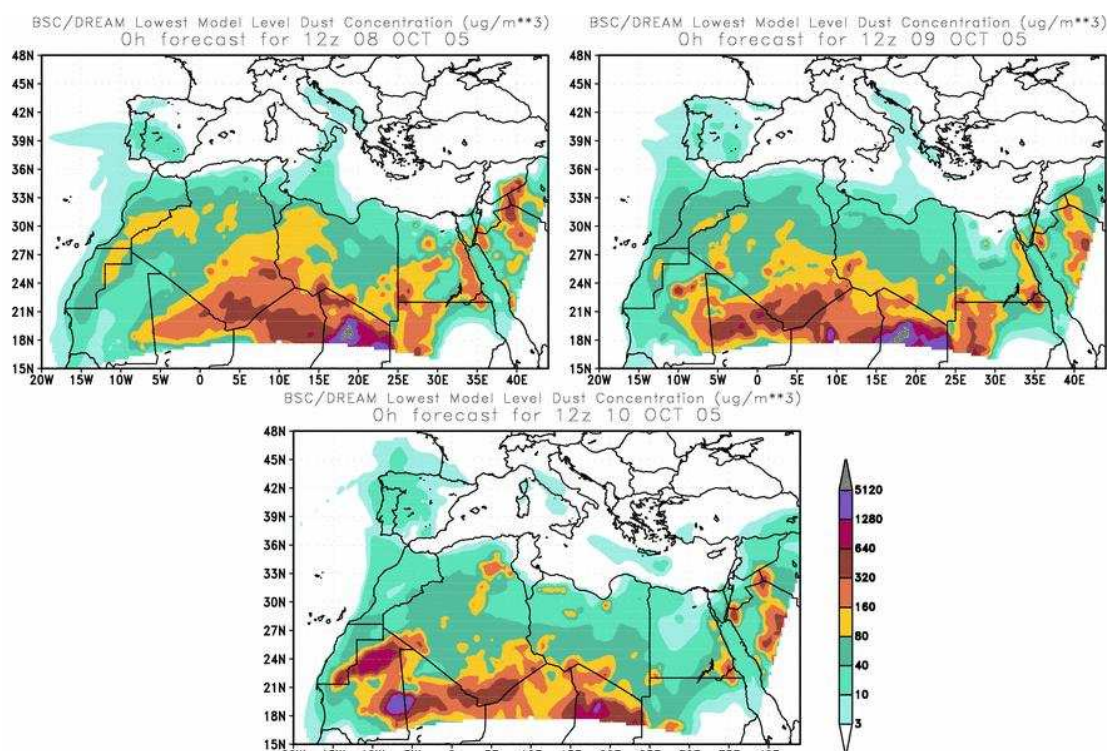
Neste mês registaram-se na RLVT episódios de advecção desde o Norte de África, durante a segunda semana do mês com escassa repercussão sobre os níveis de PM, e no final do mês um novo episódio também de fraca expressão [16,27].

Na Tabela 3.18 encontram-se os dias referentes à ocorrência de intrusões de massas de ar em Portugal, durante o mês de Outubro de 2005, segundo as duas metodologias de identificação.

Tabela 3.18: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Outubro de 2005

OUTUBRO 2005									
ID 2005									
8-10									
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
RLVT	8-9	10							
RLVT _{Sul}	28								

No dia 8, como consequência da formação de uma tempestade sobre o Golfo de Cádiz, ocorreu uma entrada de massa de ar de origem norte-africana sobre a Península Ibérica, cuja repercussão sobre os níveis de partículas foi pouco importante - Figura 3.40 - [16,27]. Os níveis de PM mantiveram-se semelhantes durante este episódio (8 a 10 de Outubro), apesar de ser expectável um incremento nos níveis de matéria particulada no último dia do episódio, conforme a Figura 3.37.

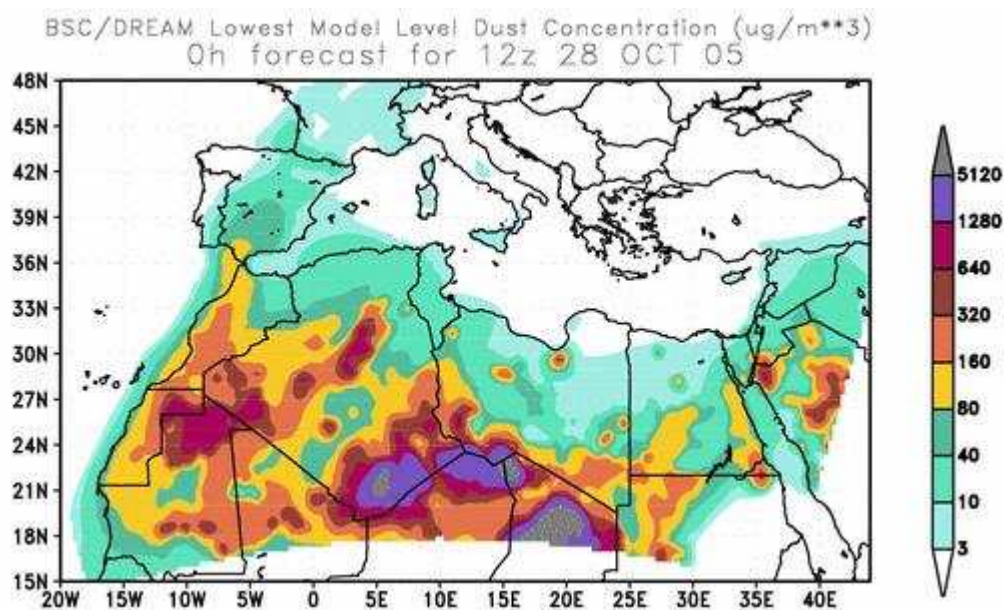


Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.37: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias 8,9 e 10 de Outubro de 2005.

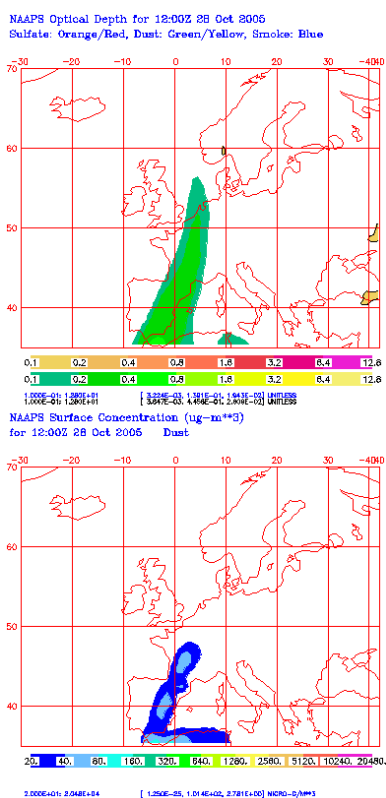
Como consequência de uma tempestade sobre o Atlântico, junto à costa Portuguesa (anterior à ocorrência do furacão Wilma), produziu-se um fluxo de ventos de Sudoeste e Sul que trouxeram consigo uma massa de ar de origem norte-africana, que tinha associada uma importante carga de material particulado em suspensão [16,27]. Esta massa de ar afectou as Baleares e Levante desde a tarde de 27 (comprovado com estudos dos níveis de PM_{10}), a Sul, Sudoeste, Centro, Oeste e Noroeste a partir do dia 28 - [16,27].

É de salientar que a RLVT apenas esteve sob influência desta massa de ar no dia 28, no entanto nem toda a Região terá sido influenciada (DREAM, Figura 3.38), tendo sido só a zona Sul. Mais uma vez durante este mês, este foi um episódio com pouca influência, apresentando um fraco teor de contaminação.



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.38: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para o dia 28 de Outubro de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.39: Mapa para o dia 28 de Outubro de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície

Pela análise da Figura 3.40 e da Figura 3.41, é possível constatar que durante o mês de Outubro o comportamento das partículas foi influenciado por diversos fenômenos.

Se a base de análise recair sobre a primeira semana do mês verifica-se que apesar de não se ter identificado episódios africanos houve fenômenos que influenciaram de igual forma toda a região, apresentando estações que se encontram geograficamente distantes um comportamento muito semelhante (Figura 3.40). Esta semana terá coincido com a ocorrência de incêndios florestais, episódios de estagnação atmosférica e ausência de precipitação (Figura 3.41).

A segunda semana que coincide exactamente com a intrusão africana, é quando se observa que em toda a região os níveis de PM sofrem um declínio, coincidindo este fenómeno com o início das chuvas.

O episódio africano que ocorre no final do mês, também ocorre em simultâneo com períodos de precipitação, pelo que mais uma vez se verifica uma inexistência de influência das massas de ar com origem africana.

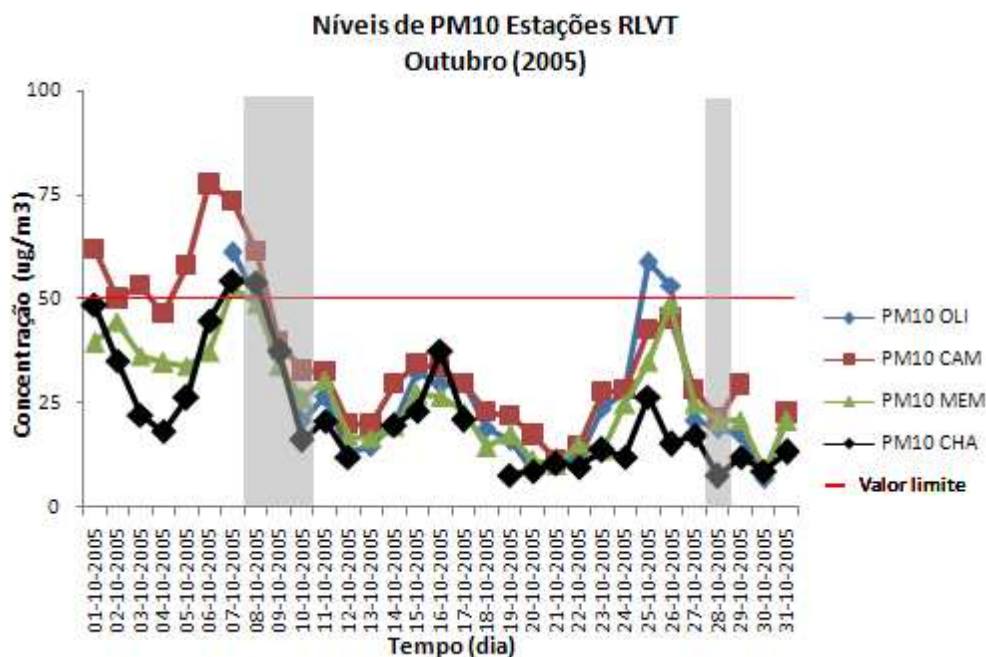


Figura 3.40: Níveis de PM₁₀ em estações da RLVT (Outubro de 2005)

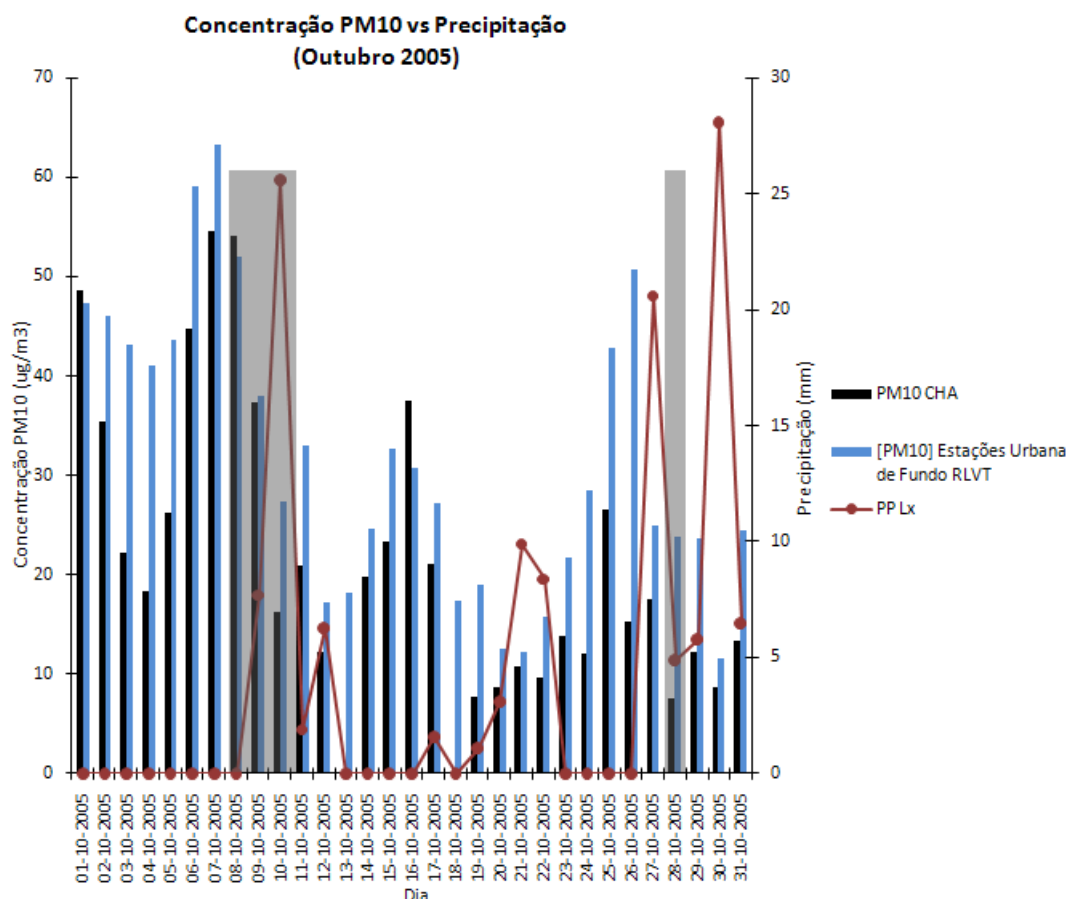


Figura 3.41: Concentração de PM_{10} na Chamusca, concentração média de PM_{10} das estações da RLVT e precipitação na cidade de Lisboa (Outubro 2005).

Apesar de se terem determinado correlações fortes para os períodos de episódios africanos, estas também reflectem a influência de outros fenómenos (como os incêndios, a ocorrência de precipitação, e a estagnação atmosférica) que apresentam um enquadramento regional, promovendo o mesmo efeito em toda a região.

Tabela 3.19: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Outubro)

	Correlação Mensal		Correlação EN1		Correlação EN2	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,84	PM10 CAM	0,85	PM10 CAM	0,68
	PM10 LAR	0,76	PM10 LAR	0,92	PM10 LAR	0,67
	PM10 LOU	0,74	PM10 LOU	0,83	PM10 LOU	0,66
	PM10 MEM	0,78	PM10 MEM	0,94	PM10 MEM	0,56
	PM10 OLI	0,75	PM10 OLI	0,97	PM10 OLI	0,78
	PM10 MARQ	0,85	PM10 MARQ	0,90	PM10 MARQ	0,35
	PM10 REB	0,71	PM10 REB	0,93	PM10 REB	s.i.
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,73	PM10 AVL	0,86	PM10 AVL	0,73
	PM10 CAS	0,68	PM10 CAS	0,66	PM10 CAS	0,33
	PM10 ENT	0,66	PM10 ENT	0,82	PM10 ENT	0,74
	PM10 ODI	0,75	PM10 ODI	0,88	PM10 ODI	0,36
	PM10 QUE	0,82	PM10 QUE	0,78	PM10 QUE	0,86

3.1.11 Novembro

O mês de Novembro de 2005 caracterizou-se pelo um início marcado pelas precipitações abundantes, registadas em grande parte da Península Ibérica devido à passagem de várias perturbações e frentes. Durante este mês registaram-se algumas entradas de massas de ar provenientes do Norte de África, os episódios ocorreram na segunda quinzena de Novembro, e apresentam características distintas [16,27]. O primeiro episódio caracteriza-se por apresentar um baixo teor de matéria particulada e apenas afectou a RLVT durante o dia. O segundo episódio mais longo, apresenta de acordo com o modelo DREAM, um potencial de PM mais elevado, tendo influenciado os níveis das estações de monitorização até um máximo de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na Tabela 3.20 encontram-se os dias referentes à ocorrência de intrusões de massas de ar em Portugal, durante o mês de Novembro de 2005 para as duas metodologias.

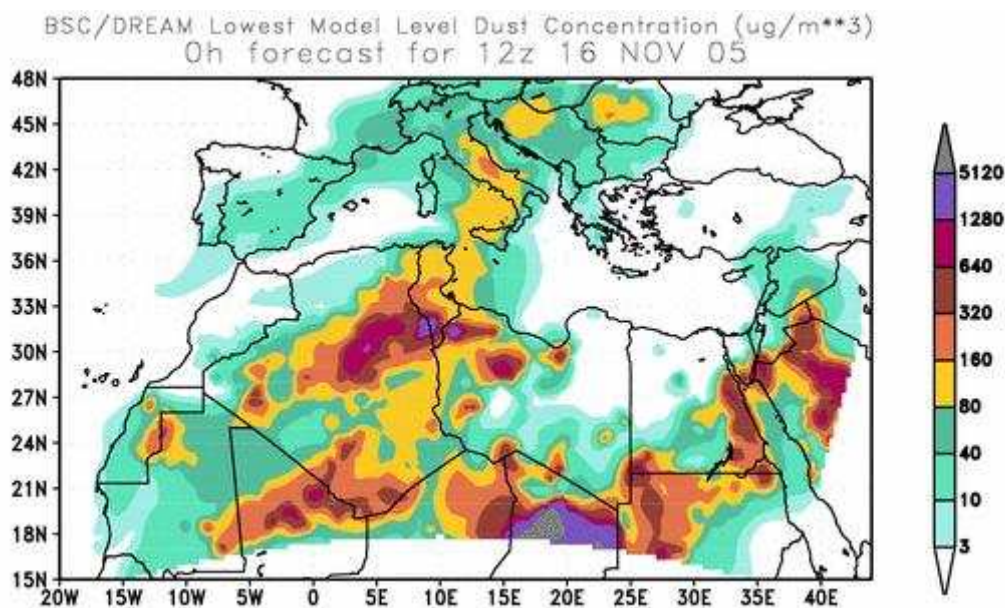
Tabela 3.20: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Novembro de 2005

NOVEMBRO 2005									
ID 2005									
21 – 22									
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
RLVT _{Sul}	16 ⁽¹⁾								
RLVT		20, 22- 23	21						

Nota:

- (1) – A intrusão Africana de dia 16 (Tipo A⁻), poderá ter influenciado não só a zona a Sul do Tejo da RLVT, mas também a zona da estação de monitorização representativa – Chamusca, com a mesma intensidade.

O primeiro episódio ocorreu no início da segunda quinzena, não sendo especialmente expressivo no contexto regional de acordo com o modelo DREAM (Figura 3.43), apresenta algumas repercussões nas estações (Figura 3.45). Este episódio apresenta uma reduzida contribuição para o teor de PM, e ocorreu exactamente num período de ausência de chuva (Figura 3.46), pelo que se faz sentir o seu efeito (reduzido, mas com características bem definidas nas estações, como se pode observar pela Figura 3.45).

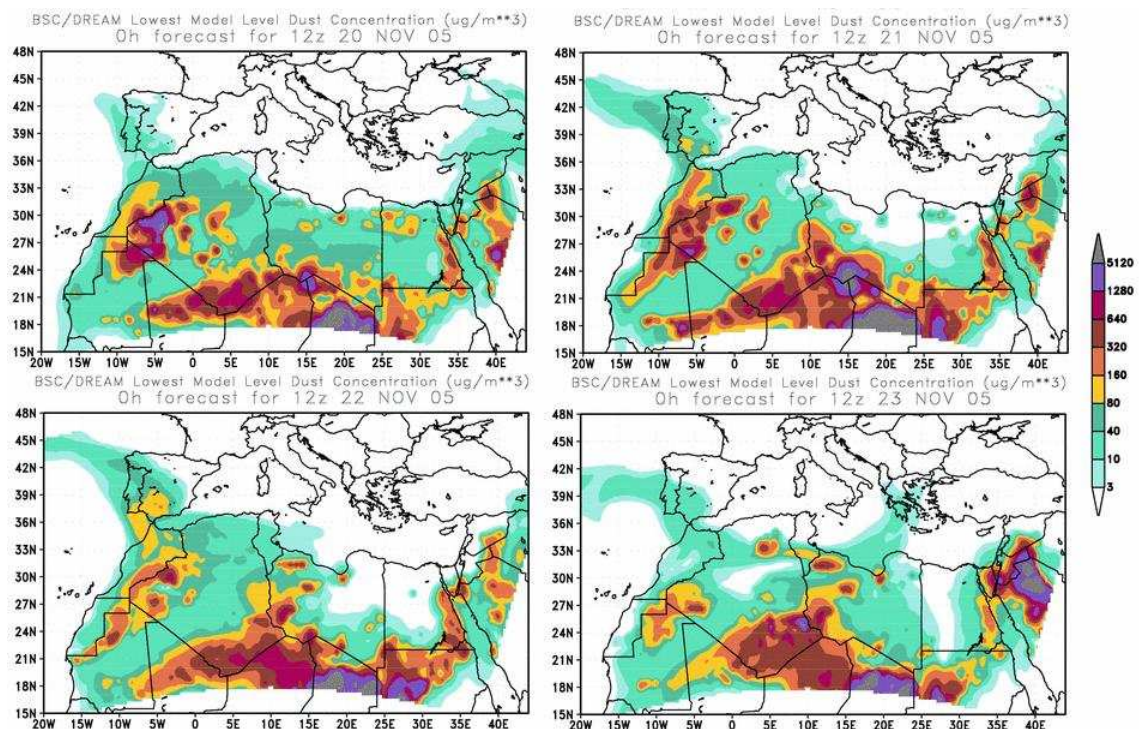


Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.42: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias 20,21,22 e 23 de Novembro de 2005.

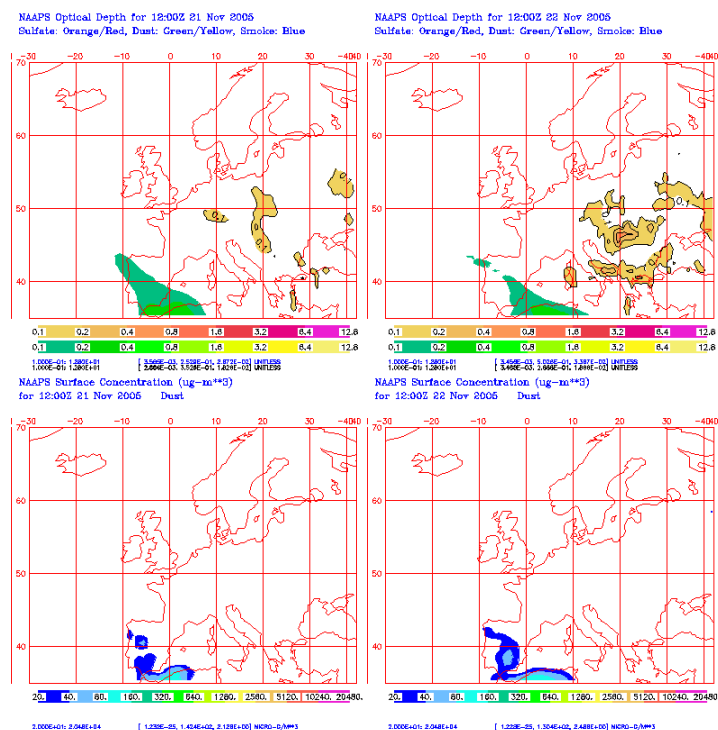
Foi a partir do dia 18 de Novembro que uma tempestade atlântica se foi aproximando da Península até se situar ao largo da costa portuguesa, favorecendo os ventos de quadrante Sul sobre a geografia peninsular. Assim, para além de se registar abundantes precipitações na metade ocidental da Península (Figura 3.46), canalizou-se a entrada de uma massa de ar desde as zonas desérticas do Norte de África, que trouxe consigo um aumento da carga de partículas em suspensão, sobre metade do Sul e Oeste da geografia peninsular a partir do dia 20 - [16,27]. Apesar de se esperar que o efeito desta massa de ar fosse mais impactante (Figura 3.45), seguindo a informação proveniente do modelo DREAM (Figura 3.44) tal não aconteceu, pois a entrada da massa de ar coincidiu novamente com o início de precipitação (Figura 3.46). Apenas no último dia (23) sob influência desta massa de ar, se fez sentir um incremento dos níveis de PM, devido à ausência de chuva.

Esta massa de ar teve origem a Oeste da Argélia e na depressão de Bodelé e no Chad [16,27].



Fonte: © Barcelona Supercomputer Center

Figura 3.43: Concentração de partículas à superfície ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) prevista pelo modelo BSC/DREAM, para os dias 20,21,22 e 23 de Novembro de 2005.



Fonte: © Naval Research Laboratory (NRL)

Figura 3.44: Mapa para os dias 21 e 22 de Novembro de 2005 (às 12:00 UTC), espectro óptico de aerossóis e concentração de partícula à superfície

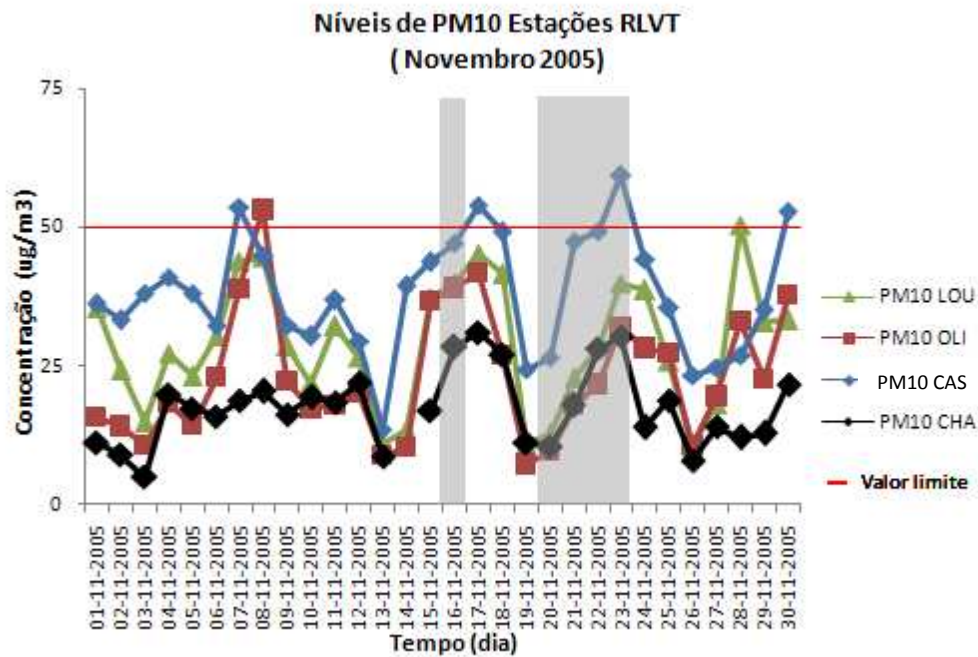


Figura 3.45: Níveis de PM₁₀ de estações da RLVT (Novembro de 2005)

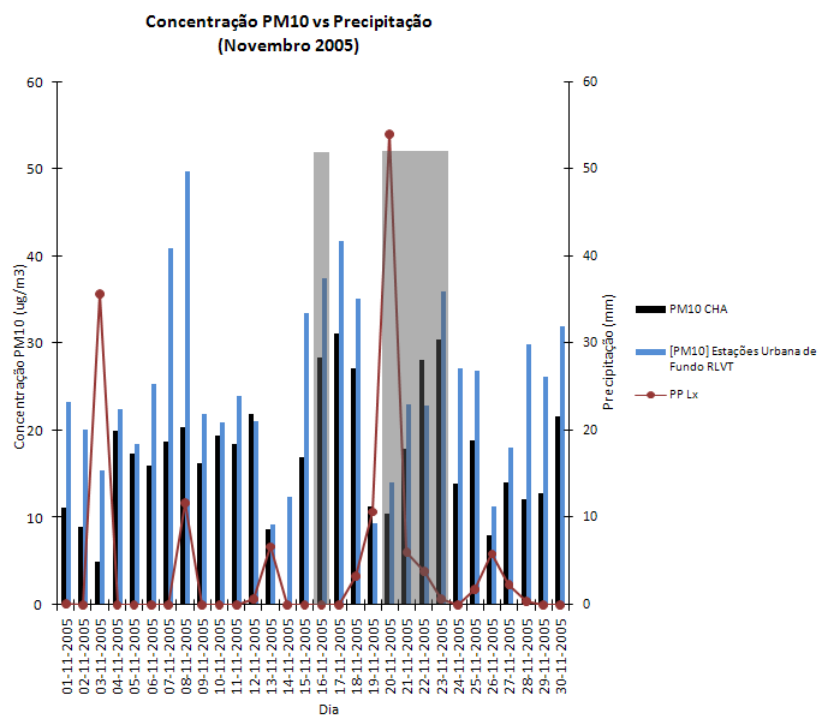


Figura 3.46: Concentração de PM₁₀ na Chamusca, concentração média de PM₁₀ das estações da RLVT e precipitação na cidade de Lisboa (Novembro 2005).

Em termos gerais, durante o mês de Novembro os níveis de PM monitorizados nas estações da RLVT, apresentaram correlações fortes (Tabela 3.21), demonstrando desta forma que apesar de geograficamente distanciadas e caracterizadas segundo tipos de ambientes diferentes, os níveis sofreram influências do mesmo tipo de fenómeno.

Tabela 3.21: Correlações das estações de monitorização da RLVT (Novembro)

	Correlação Mensal		Correlação EN1		Correlação EN2	
	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA	Estações RLVT	CHA
Estações Urbanas de Fundo	PM10 CAM	0,74	PM10 CAM	0,95	PM10 CAM	s.i.
	PM10 LAR	0,55	PM10 LAR	0,88	PM10 LAR	0,74
	PM10 LOU	0,57	PM10 LOU	0,92	PM10 LOU	0,82
	PM10 MEM	0,69	PM10 MEM	0,78	PM10 MEM	0,77
	PM10 OLI	0,61	PM10 OLI	0,84	PM10 OLI	0,80
	PM10 MARQ	0,63	PM10 MARQ	0,83	PM10 MARQ	0,75
	PM10 REB	0,59	PM10 REB	0,92	PM10 REB	s.i.
Estações Urbanas de Tráfego	PM10 AVL	0,69	PM10 AVL	0,86	PM10 AVL	0,85
	PM10 CAS	0,73	PM10 CAS	0,93	PM10 CAS	0,90
	PM10 ENT	0,59	PM10 ENT	0,93	PM10 ENT	0,78
	PM10 ODI	0,57	PM10 ODI	0,93	PM10 ODI	s.i.
	PM10 QUE	0,67	PM10 QUE	0,92	PM10 QUE	0,78

3.1.12 Dezembro

O mês de Dezembro caracterizou-se pelo frio em grande parte da Península, como consequência do predomínio da advecção desde o continente europeu. No final do mês dominou um anticiclone sobre boa parte da geografia peninsular, que levou ao desenvolvimento de importantes neblinas que duraram vários dias nas zonas planas do interior peninsular e nos vales dos rios mais importantes. Esta situação originou episódios de contaminação local importantes, que terminaram no dia 27/28 com a entrada de uma massa de ar polar sobre uma boa parte da Península [16,27].

A RLVT não esteve sob influência deste evento.

Na Tabela 3.22 encontram-se os dias referentes à ocorrência de intrusões de massas de ar em Portugal, durante o mês de Dezembro de 2005. De salientar, que para o mês de Dezembro, e de acordo com a metodologia aplicada neste trabalho, não se identificaram intrusões de massas de ar com proveniência africana.

Tabela 3.22: Identificação dos dias de intrusão de massas de ar na RLVT em Novembro de 2005

DEZEMBRO 2005									
ID 2005									
25 – 26									
ID _{NF} 2008									
	A ⁻	A ⁺	B ⁻	B ⁺	C ⁻	C ⁺	D ⁻	D ⁺	E ⁻
Segundo a metodologia que se baseia apenas na interpretação do modelo DREAM, não foi identificado nenhum episódio africano para o mês de Dezembro na RLVT.									

3.1.13 Resumo das metodologias de identificação

Face ao levantamento de episódios africanos que ocorreram durante o ano de 2005 na RLVT, segundo as metodologias ID 2005 e ID_{NF} 2008 é possível afirmar que a metodologia desenvolvida especificamente para esta dissertação permitiu identificar um maior número de eventos, cujas massas tiveram origem nas regiões áridas do Norte de África. Na prática em 2005 e segundo esta metodologia a RLVT esteve sob influência de massas com elevados teores de partículas 54 vezes (dias). Comparativamente foram identificados mais 18 eventos do que na metodologia ID 2005.

Esta nova metodologia que alia informação qualitativa a quantitativa, permite identificar dias de EN que até agora não eram contemplados. Existem alguns pormenores a ter em consideração em futuros trabalhos produzidos nesta área, dever-se-á ter sempre em consideração a informação do modelo DREAM referente a episódios africanos independentemente da magnitude prevista, pois como foi possível constatar a intensidade prevista por um modelo de dispersão não tem uma relação directa com os níveis de material particulado registado nas estações, (como aliás se pode ver pelo resumo da Tabela 3.23). Tal facto poderá estar relacionado com a ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão do poluente; ou da ocorrência (em simultâneo) de outros fenómenos naturais (que não intrusões), que alterem o comportamento do poluente de uma forma inusitada. Pelo que se torna imprescindível um momento de análise não só da estação rural de fundo - Chamusca – mas também de todas as outras estações, para se perceber efectivamente o carácter da intensidade de um evento.

Tabela 3.23:Resumo da Metodologia de ID_{NF} 2008

Mês	Dia EN	Categoria DREAM			Fracção Média DREAM			[CHA] média	Estações $\zeta > 0,85$	Efeito EN nos níveis de [PM ₁₀]	Descontar?
		RLVT	RLVT Norte	RLVT Sul	RLVT	RLVT Norte	RLVT Sul				
Fevereiro	9		A-	A+		6,5	25	23	0	Pouco expressivo	S
	10		A-	A+		6,5	25				
Março	11	A-			6,5			42	0	S	S
	12		A-	A+		6,5	25				
	13		A-	A+		6,5	25				
	17	A+			25			79	2	S	S,para as estações que apresentam concentrações superiores à da CHA
	18	B+			120						
	19	B+			120						
	20		B+	C-		120	240				
	21	A-			6,5						
Abril	29	A+			25			35	0	S	S
	30	A+			25						
Maio	7	A-			6,5			45	0	S	S.
	24		A-	A+		6,5	25	25	0	S	S
	25	A+			25						
	26	A+			25						
	31	B+			120				12	S	S,para as estações que apresentam concentrações superiores à da CHA
Junho	1		B+	C-		120	240	32	8	S	S,para as estações que apresentam concentrações superiores à da CHA
	2		B+	C-		120	240				
	3			A-			6,5				
	8			A+			25	44	2	S	S

METODOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS NATURAIS

Mês	Dia EN	Categoria DREAM			Fracção Média DREAM			[CHA] média	Estações $\zeta > 0,85$	Efeito EN nos níveis de [PM ₁₀]	Descontar?
		RLVT	RLVT Norte	RLVT Sul	RLVT	RLVT Norte	RLVT Sul				
	9	A-			6,5						
	10	A+			25						
	11	A+			25						
	12	A-			6,5						
	21	A+			25			42	8	S	S
	22	A+			25						
	23	B-			60						
	24	A+			25						
	11	A-			6,5			48	2	S	S
	12		A-	A+		6,5	25				
	13	A-			6,5						
Agosto	20		A-	A+		6,5	25	39	3	S	S
	5		A-	A+		6,5	25	99	1	S	S
	6		A-	A+		6,5	25				
	7	A+			25						
	8			A-			6,5				
	12		A-			6,5		26	5	Pouco expressivo	S
	14			A-			6,5	60	6	S	S
	15		A-	A+		6,5	25				
	16	A-			6,5						
	15		A+	B-		25	60	33	0	S	S
Setembro											

METODOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO DOS EVENTOS NATURAIS

Mês	Dia EN	Categoria DREAM			Fracção Média DREAM			[CHA] média	Estações $\zeta > 0,85$	Efeito EN nos níveis de [PM ₁₀]	Descontar?
		RLVT	RLVT Norte	RLVT Sul	RLVT	RLVT Norte	RLVT Sul				
Outubro	16			A-			6,5				
	29			A-			6,5	36	0	Pouco expressivo	S
	30		A-	A+		6,5	25				
	8	A-			6,5			36	8	Pouco expressivo	S
	9	A-			6,5						
	10	A+			25						
	28			A-			6,5	8	1	Pouco expressivo	S
	16			A-			6,5	28	11	S	S
	20	A+			25			22	2	S	S
	21	B-			60						A partir do dia 21, quando se verifica um subida de PM, devido à ausência de PP
Novembro	22	A+			25						
	23	A+			25						

3.2 AVALIAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE CONTRIBUIÇÃO DE EVENTOS NATURAIS

Uma vez identificados todos os episódios africanos segundo as duas metodologias, procedeu-se à determinação da fracção associada a cada um dos fenómenos. De salientar, que foram determinadas fracções segundo os três métodos de cálculo.

Os métodos de determinação da fracção de contribuição da intrusão (com origem nos desertos do Norte de África) destrinçam-se na forma de cálculo.

A metodologia de avaliação de contribuição de um EN pode ser resumida em três passos, conforme descrito no subcapítulo 2.6.

3.2.1 Metodologia ID 2005

De acordo com a Metodologia ID 2005, a RLVT durante o ano de 2005 foi alvo de 36 episódios africanos. Dos dezanove dias de excedências verificados com base na estação de monitorização de qualidade do ar da Chamusca, oito terão sido influenciados pelas intrusões de massas de ar com origem no Norte de África (Tabela 3.24). Relativamente aos métodos de desconto utilizados para os dias de EN, segundo metodologia ID 2005, foi possível diminuir os dias de excedência na maioria das estações, no entanto há a salientar o caso das estações do Laranjeiro e de Loures, que antes da aplicação do desconto apresentavam mais de 35 dias cujas concentrações suplantavam o valor limite em vigência, e que após desconto passaram a estar em cumprimento legal (Figura 3.47).

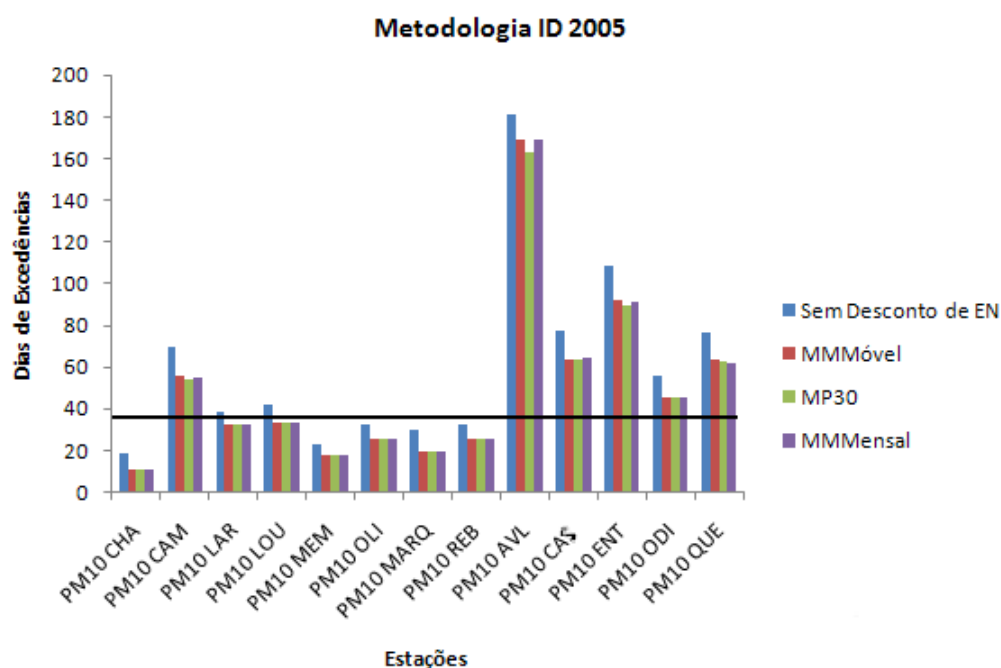


Figura 3.47: Comparação do nº de excedência com e sem aplicação da metodologia de desconto (Metodologia ID 2005)

Tabela 3.24: Resumo da metodologia ID 2005 (Eventos Naturais; Fracção Desconto, Casos Impossíveis)

Tabela 3.24: Resumo da Metodologia ID 2005 (Eventos Naturais, Fração Desconto, Casos Impossíveis)								
Estações	Nº de Excedências	Excedências com desconto			Nº de EN	Casos Impossíveis		
		MMMóvel	MP30	MMMensal		MMMóvel	MP30	MMMensal
Metodologia ID 2005								
PM10 CHA	19	11	11	11	36	0	0	0
PM10 CAM	70	56	54	55		1	1	1
PM10 LAR	39	33	33	33		2	2	2
PM10 LOU	42	34	34	34		1	2	1
PM10 MEM	23	18	18	18		2	3	1
PM10 OLI	33	26	26	26		1	1	1
PM10 MARQ	30	20	20	20		2	3	2
PM10 REB	33	26	26	26		2	2	2
PM10 AVL	181	169	163	169		1	1	1
PM10 CAS	78	64	64	65		1	1	1
PM10 ENT	109	92	90	91		1	1	1
PM10 ODI	56	46	46	46		1	1	1
PM10 QUE	77	64	63	62		1	1	1
Total	790	659	648	656	36	16	19	15

Comparando os métodos de avaliação da contribuição do EN e o número de dias de excedências, o método do Percentil 30 é o que resulta em menor número de dias cujas concentrações excedem o valor limite de PM₁₀ diário, seguido pelo método da média mensal e por último pela média móvel. Curiosamente, o método do Percentil 30 é o método que apresenta o maior número de casos impossíveis. Isto é, após a aplicação

da fracção de contribuição nas estações de monitorização, existem concentrações abaixo de zero $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pelo que estes resultados podem representar uma sobre estimação da fracção associada ao evento, conduzindo a um efeito indesejado, tornando situações reais como casos impossíveis.

No entanto, é de ressaltar que a determinação do número de excedências e verificação dos casos impossíveis, dá-se após a neutralização de fracções negativas, que de acordo com a Tabela 3.25, o método das médias móveis foi o que apresentou maior número de fracções negativas. É de ressaltar mais uma vez, que só após se considerar como zero a contribuição no caso das fracções negativas (isto é, substituir as fracções negativas por zero), se procede ao cálculo dos resultados resumidos na Tabela 3.24.

Tabela 3.25: Resumo da metodologia ID 2005 (Fracções Negativas)

Metodologia ID 2005	Método de cálculo utilizado		
	MMMóvel	MP30	MMMensal
Nº Fracções Negativas	5	2	3

Continuando na avaliação do sucesso dos métodos de cálculo da fracção de contribuição, e o seu efeito no cumprimento legal, é possível constatar que das três estações da rede de monitorização da RLVT (Avenida da Liberdade, Cascais e Entrecampos - Figura 3.48 e Tabela 3.26 -) em incumprimento legal no que diz respeito à superação do valor limite da média anual, após as metodologias de desconto apenas a estação de Cascais passa a estar conforme o diploma em vigência. No que diz respeito aos métodos de cálculo de desconto, é possível constatar que o método do Percentil 30 resulta em valores de concentrações da média anual mais baixos, quando comparados com os outros dois métodos de cálculo (média mensal e média móvel)

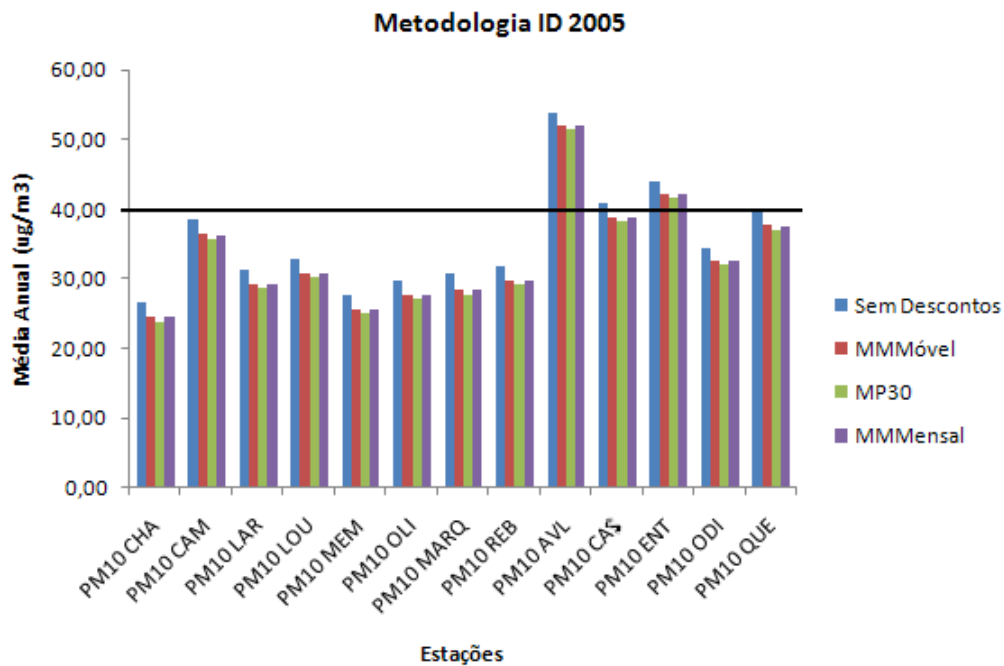


Figura 3.48 : Comparação das médias anuais de PM_{10} com e sem aplicação da metodologia de desconto (Metodologia ID 2005)

Tabela 3.26: Resumo da metodologia ID 2005 (Médias anuais de PM_{10})

Estações	Conc. média anual sem descontos (µg/m³)	Conc. média anual com desconto (µg/m³)			
		MMMóvel	MP30	MMMensal	
Metodologia ID					
PM10 CHA	26,51	24,46	23,89	24,44	
PM10 CAM	38,58	36,35	35,74	36,33	
PM10 LAR	31,23	29,22	28,70	29,16	
PM10 LOU	32,82	30,86	30,32	30,85	
PM10 MEM	27,66	25,64	25,09	25,62	
PM10 OLI	29,65	27,69	27,09	27,63	
PM10 MARQ	30,75	28,39	27,77	28,33	
PM10 REB	31,76	29,73	29,23	29,73	
PM10 AVL	53,91	51,95	51,41	51,94	
PM10 CAS	40,76	38,87	38,38	38,88	
PM10 ENT	44,04	42,06	41,52	42,05	
PM10 ODI	34,46	32,52	32,04	32,46	
PM10 QUE	39,73	37,64	37,07	37,63	

3.2.2 Metodologia ID_{NF} 2008

A metodologia desenvolvida especificamente para esta dissertação permitiu identificar 54 episódios, cujas massas tiveram origem nas regiões áridas do Norte de África. Comparativamente foram identificados mais 18 eventos do que na metodologia ID 2005. No caso da estação representativa da RLVT, a estação da Chamusca, e apesar de se verificar uma redução do nº de dias excedência do valor limite diário de PM₁₀, quando comparada com a metodologia anterior, permanecem 7 dias cujas excedências terão tido outras fontes de contaminação que não as massas de ar provenientes de África, intensamente carregadas por poeiras (Figura 3.49)

Apesar de nesta metodologia, o método de desconto que se baseia no cálculo do Percentil 30 ter conseguido diminuir em maior número o nº de dias em excedência como acontecia na metodologia ID 2005, tal não acontece com o método das médias móveis que nesta metodologia de identificação é o segundo método que mais reduz o número de dias com níveis de PM acima do valor limite diário (50 µg/m³) – (Tabela 3.27).

No entanto, mais uma vez se presencia que o maior número de casos denominados impossíveis está associado ao cálculo segundo o método do Percentil 30 dado que é necessário um maior número de anulações de negativas (Tabela 3.28).

Adicionalmente, há a salientar que o número de eventos naturais quase duplica quando se comparam as duas metodologias, mas também existe um agravamento no que concerne situações cujos casos são impossíveis.

É de assinalar também que apesar de esta metodologia assinalar mais eventos naturais, e portanto conseguir reduzir mais os dias de excedências legais verificados nas diferentes estações, apenas conseguiu que apenas mais duas estações de monitorização pertencessem ao conjunto das estações em cumprimento legal.

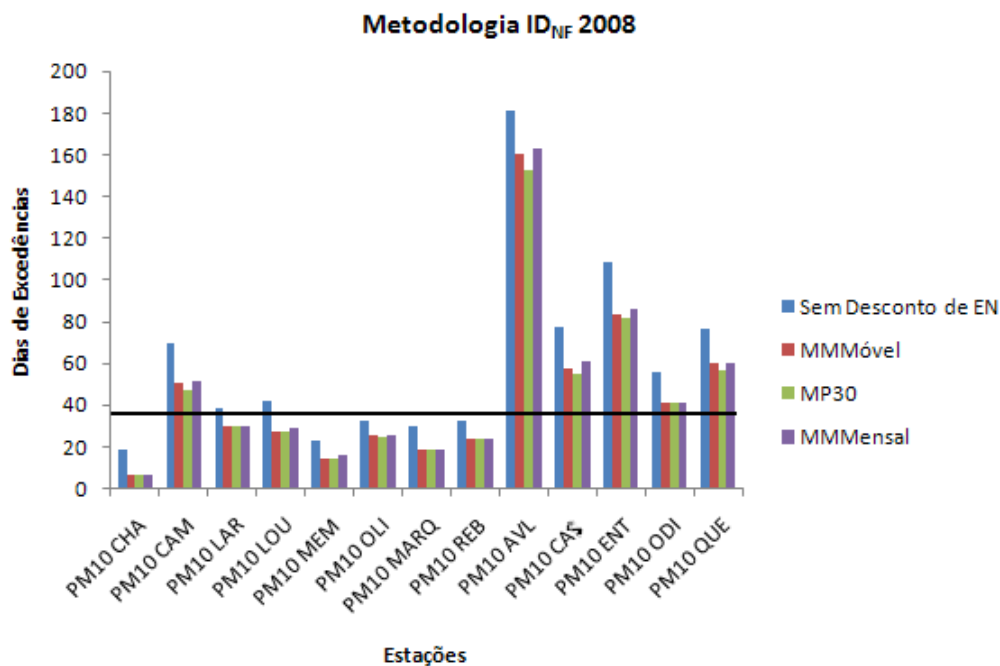


Figura 3.49: Comparação do nº de excedência com e sem aplicação da metodologia de desconto (Metodologia ID_{NF} 2008)

Tabela 3.27: Resumo da metodologia ID_{NF} 2008 (Eventos Naturais; Fracção Desconto, Casos Impossíveis)

Estações	Nº de Excedências	Excedências com desconto			Nº de EN	Casos Impossíveis		
		MMMóvel	MP30	MMMensal		MMMóvel	MP30	MMMensal
Metodologia ID _{NF} 2008								
PM10 CHA	19	7	7	7	54	0	0	0
PM10 CAM	70	51	47	52		2	3	2
PM10 LAR	39	30	30	30		2	2	2
PM10 LOU	42	28	28	29		2	3	2
PM10 MEM	23	15	15	16		3	4	2
PM10 OLI	33	26	25	26		2	2	2
PM10 MARQ	30	19	19	19		2	2	2
PM10 REB	33	24	24	24		3	3	3
PM10 AVL	181	160	153	163		2	2	2
PM10 LAR	78	58	55	61		2	2	2
PM10 ENT	109	84	82	86		2	2	2
PM10 ODI	56	41	41	41		2	2	2
PM10 QUE	77	60	57	60		2	3	2
Total	790	603	583	614	54	26	30	25

Tabela 3.28: Resumo da metodologia IDNF 2008 (Fracções Negativas)

Metodologia ID _{NF} 2008			
	Método de cálculo utilizado		
	MMMóvel	MP30	MMMensal
Nº Fracções Negativas	8	2	8

Prosseguindo na verificação do cumprimento legal (Tabela 3.29 e Figura 3.50), e no que diz respeito às médias anuais apresentarem concentrações de PM₁₀ abaixo dos 40 µg/m³, das três estações cujas médias anuais estavam acima do legislado, apenas a estação de Cascais conseguiu atingir níveis mais baixos. Contudo, a estação de Entrecampos está com valores muito próximos do valor limite.

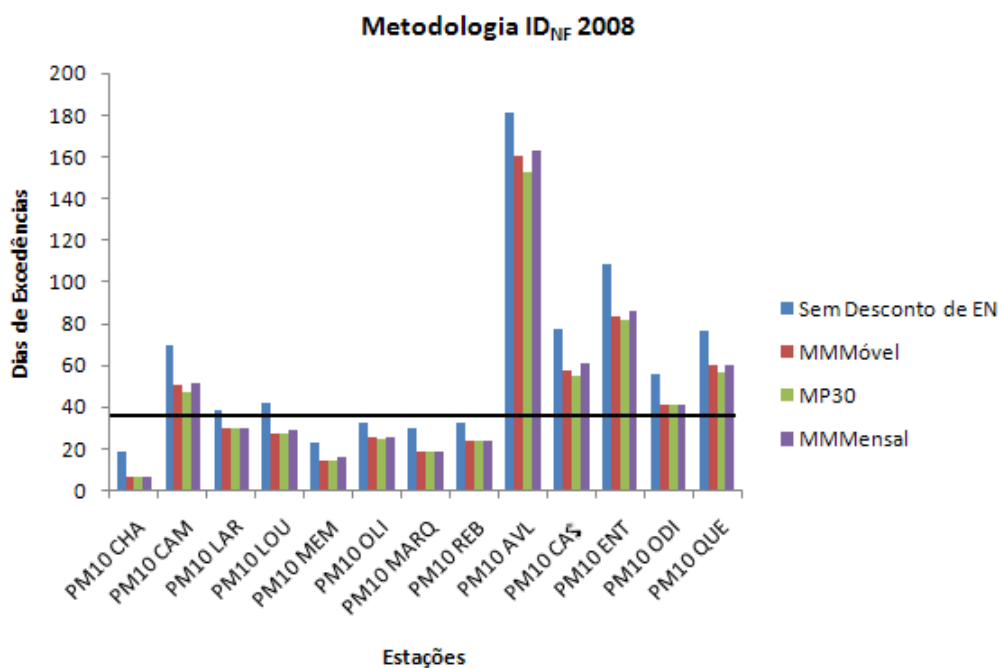


Figura 3.50: Comparação das médias anuais de PM₁₀ com e sem aplicação da metodologia de desconto (Metodologia ID_{NF} 2008)

Tabela 3.29: Resumo da metodologia ID_{NF} 2008 (Médias anuais de PM₁₀)

Estações	Conc. média anual sem descontos (µg/m³)	Conc. média anual com desconto (µg/m³)		
		MMMóvel	MP30	MMMensal
Metodologia ID _{NF} 2008				
PM10 CHA	26,51	23,18	22,30	23,37
PM10 CAM	38,58	34,93	33,98	35,15
PM10 LAR	31,23	28,45	27,82	28,61
PM10 LOU	32,82	29,64	28,80	29,82
PM10 MEM	27,66	24,38	23,51	24,57
PM10 OLI	29,65	26,60	25,82	26,64
PM10 MARQ	30,75	27,84	27,22	27,93
PM10 REB	31,76	28,45	27,68	28,69
PM10 AVL	53,91	50,73	49,89	50,91
PM10 LAR	40,76	37,67	36,90	37,88
PM10 ENT	44,04	40,97	40,14	41,14
PM10 ODI	34,46	31,30	30,51	31,46
PM10 QUE	39,73	36,34	35,45	36,54

3.2.3 Identificação e análise de dias críticos na estação da Chamusca após desconto de evento africano segundo Metodologia ID_{NF} 2008

Na Tabela 3.30, encontram-se registados os dias que continuam com concentrações acima do valor-limite diário de PM₁₀. A identificação de incêndios foi realizada de acordo com a metodologia de identificação utilizada em 2005 (Tabela 3.32, Tabela 3.33, Tabela 3.34, Tabela 3.35 e Tabela 3.36).

Tabela 3.30: Identificação dos dias críticos na estação da Chamusca após a metodologia ID_{NF} 2008 e aplicação dos métodos de desconto

Data	PM ₁₀ CHA (µg/m ³)	Ocorrência de Incêndio
09-07-2005	52	Sim
21-07-2005	55	
20-08-2005	71	Sim
22-08-2005	76	Sim
23-08-2005	270	Sim
24-08-2005	53	Sim
07-10-2005	54	

Na Tabela 3.31, encontra-se a tabela tipo de como a análise do estudo dos incêndios florestais foi realizada para aquele ano (2005). Resolveu-se avaliar a influência destes eventos para a estação de monitorização da Chamusca de acordo com os seguintes campos:

Tabela 3.31: Tabela tipo utilizada para o estudo do possível impacto dos incêndios florestais sobre as concentrações de PM

Estação(ões) com excedência:
<i>Identificação da estação/estações com excedência</i>
Dia Juliano:
<i>Importante porque as imagens de satélite disponibilizadas pelo produto rapid fire apenas fazem referência ao dia Juliano;</i>
Ocorrência de incêndios:
<i>Sim ou Não</i>
Estação(ões) afectada(s):
<i>Das estações que apresentam excedência, quais tiveram poderão ter sido afectadas directamente pelo incêndio</i>
Localização do Incêndio (X;Y):
<i>Apresentação da imagem de satélite AQUA ou TERRA, com a localização da estação/estações em estudo;</i>
<i>Identificação de possíveis focos de incêndios que poderão ter estado na origem da excedência;</i>
<i>Limite de influência do incêndio (criação de zonas de influência, raios de influência estudados 10, 20 e 50 Km);</i>
Quadrante de ventos predominante para (X;Y):
<i>Rosa dos ventos para o/os foco/focos de incêndio mais próximo/próximos da estação em estudo obtida via © Archived Meteorology (WORLD)/NOAA</i>

Tabela 3.32: Identificação de Incêndios - Dia 09-07-2005

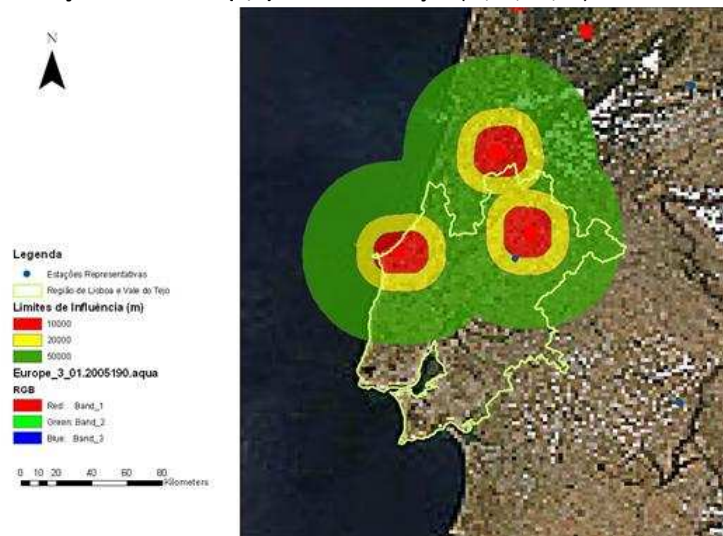
Estação(ões) com excedência: Chamusca

Dia Juliano:190

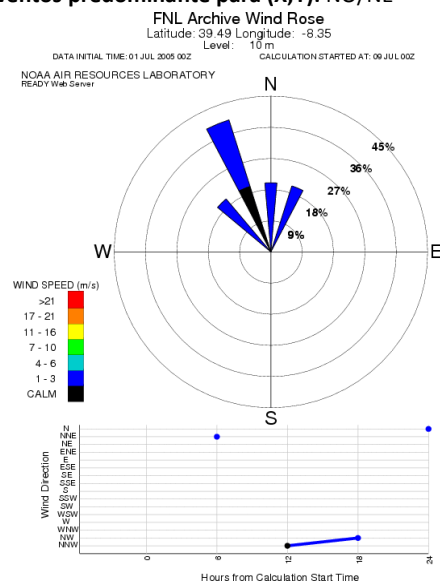
Ocorrência de incêndios: Sim

Estação(ões) afectada(s): Chamusca

Localização do Incêndio (X;Y): Oeste da estação (-8,35; 39,49)



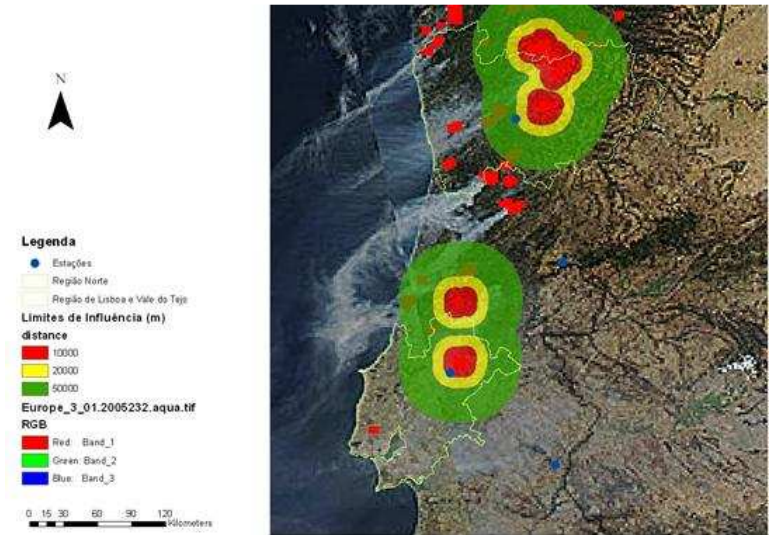
Quadrante de ventos predominante para (X;Y): NO/NE



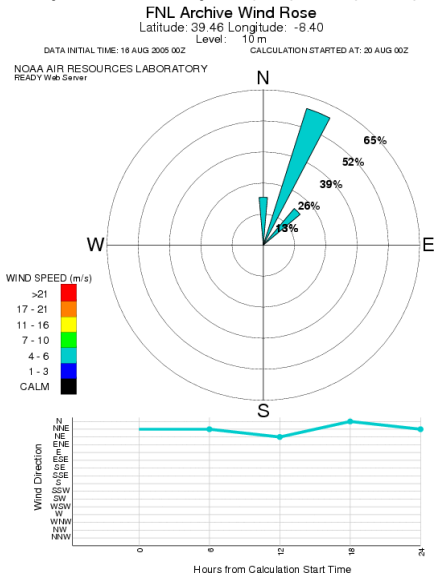
Fonte: © Archived Meteorology (WORLD)/NOAA

Tabela 3.33: Identificação de Incêndios - Dia 20-08-2005

Estação(ões) com excedência: Chamusca
Dia Juliano: 232
Ocorrência de incêndios: Sim
Estação(ões) afectada(s): Chamusca
Localização do Incêndio (X;Y): CHA: (-8,40; 39,46)



Quadrante de ventos predominante para (X;Y): CHA(N/NE)



Fonte: © Archived Meteorology (WORLD)/NOAA

Tabela 3.34: Identificação de Incêndios - Dia 22-08-2005

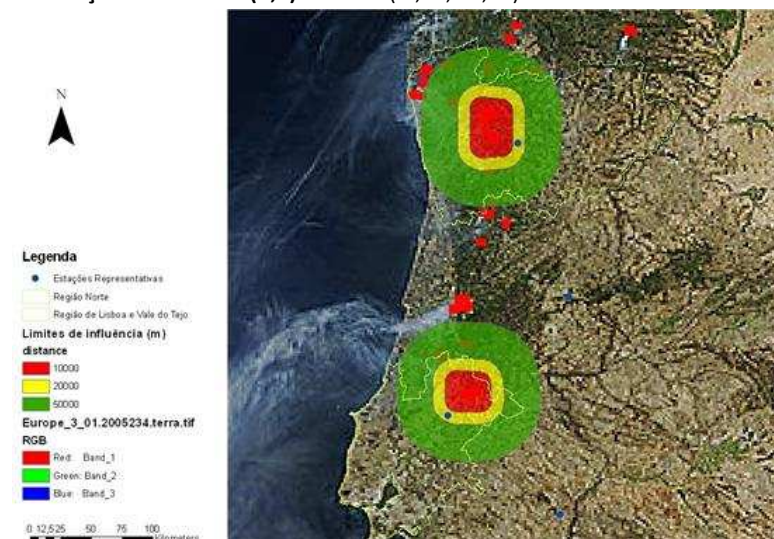
Estação(ões) com excedência: Chamusca

Dia Juliano: 234

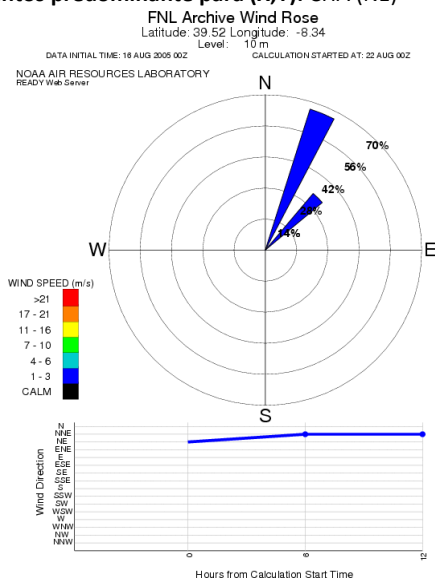
Ocorrência de incêndios: Sim

Estação(ões) afectada(s): Chamusca

Localização do Incêndio (X;Y): NE CHA (-8,34; 39,52)



Quadrante de ventos predominante para (X;Y): CHA (NE)



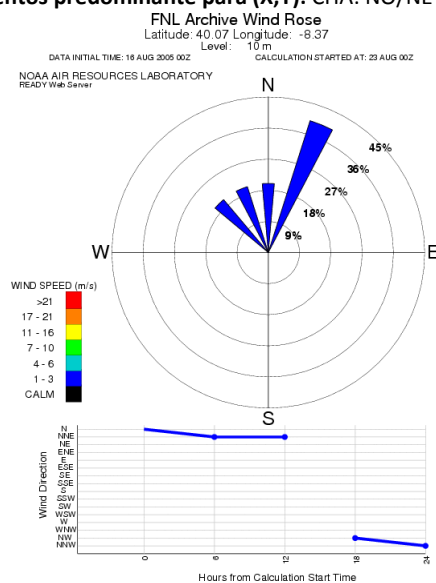
Fonte: © Archived Meteorology (WORLD)/NOAA

Tabela 3.35: Identificação de Incêndios - Dia 23-08-2005

Estação(ões) com excedência: Chamusca
 Dia Juliano: 235
 Ocorrência de incêndios: Sim
 Estação(ões) afectada(s): Chamusca
 Localização do Incêndio (X;Y): NE CHA (-8,23; 39,53)



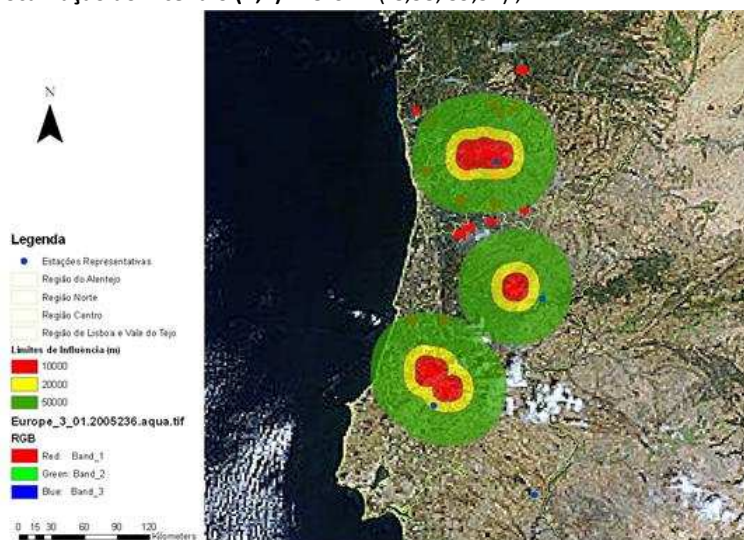
Quadrante de ventos predominante para (X;Y): CHA: NO/NE



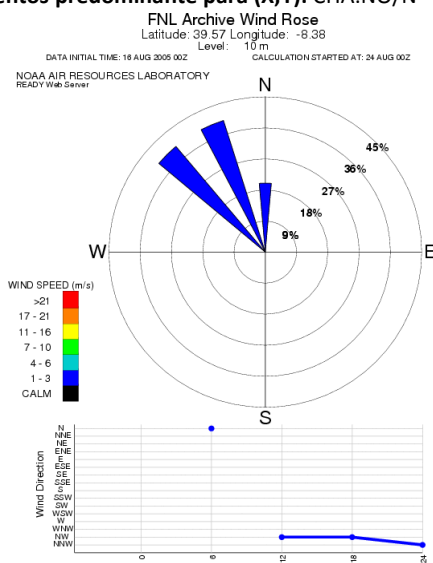
Fonte: © Archived Meteorology (WORLD)/NOAA

Tabela 3.36: Identificação de Incêndios - Dia 24-08-2005

Estação(ões) com excedência: Chamusca
Dia Juliano: 236
Ocorrência de incêndios: Sim
Estação(ões) afectada(s): Chamusca
Localização do Incêndio (X;Y): NO CHA (-8,38; 39,57) ;



Quadrante de ventos predominante para (X;Y): CHA:NO/N



Fonte: © Archived Meteorology (WORLD)/NOAA

Após a análise conjugada das imagens de satélite (trabalhadas em *Arc View*) com informação meteorológica (intensidade e direcção do vento), foi possível identificar dias de incêndios (09/07, 20/08 e 22/08 a 24/08), que poderão ter contribuído para as excedências do valor limite diário na estação da Chamusca.

4 CONCLUSÕES

Após uma análise aprofundada dos episódios africanos que afectaram a RLVT durante o ano de 2005, é possível afirmar que mesmo episódios considerados de baixa expressão de acordo com o modelo DREAM (episódios do tipo A- e A+), não podem ser excluídos de forma alguma em termos da sua contribuição, uma vez que em condições de fraca dispersão de poluente, poderão contribuir para incrementos superiores aos esperados pelo modelo DREAM. Mais se afirma, que para qualquer episódio previsto pelo modelo DREAM, a análise quantitativa da informação poderá constituir uma mais-valia, uma vez que pode constituir uma base de apoio para posterior aplicação de metodologias de avaliação da contribuição do evento natural.

O cálculo de correlações entre as estações para o período pré (três dias antes) /pós (três dias depois) e evento (duração do evento), poderá também representar uma boa ferramenta para se analisar o evento. Na maioria dos casos, e quando se está perante um evento de elevada intensidade segundo o modelo DREAM, as correlações são fortes, demonstrando que a influência do evento foi idêntica para toda a região, actuando de uma forma regional, mais de macro escala. O contrário, também foi verificado, isto é para episódios cuja intensidade prevista pelo modelo DREAM não era tão significativa, as correlações eram mais baixas, o que poderá estar relacionado com uma contaminação mais local, mais micro.

Sempre que possível, é de recorrer a dados meteorológicos, com o intuito de perceber mais e melhor alguns comportamentos, por exemplo, um episódio intenso poderá ser influenciado por precipitação, como se verificou para a RLVT. A identificação de eventos naturais, não pode passar apenas pela interpretação de modelos, terá que ter sempre uma componente quantitativa - quanto mais informação referente a uma determinada região, mais robusta se torna a metodologia de identificação.

Mas a mais-valia da informação quantitativa não reside apenas numa base de apoio à análise do poluente, esta informação quantitativa, permite perceber como e quando se devem efectuar descontos da fracção correspondente à contaminação por massas de ar de origem Africana.

A análise das duas metodologias de identificação permite afirmar que a metodologia desenvolvida especificamente para esta dissertação permitiu identificar um maior número de episódios, cujas massas tiveram origem nas regiões áridas do Norte de África. Na Tabela 4.1 e Figura 4.1 encontra-se um breve resumo sobre as excedências (número, origem) verificadas para estação da Chamusca durante o ano de 2005, de acordo com as duas metodologias de identificação

Tabela 4.1: Número de Excedências para a estação da Chamusca segundo as duas metodologias de identificação

	ID 2005	ID _{NF} 2008
Nº. dias Intrusão	36	54
Nº. dias Ressuspensão	73	73
Nº dias excedências	19	19
Nº dias com excedência com origem em Intrusão	8	12
Nº dias em excedências após desconto Fintrusão	11	7
Nº dias excedência com possível origem em incêndios	5	5
Nº dias em excedência com origem desconhecida	6	2

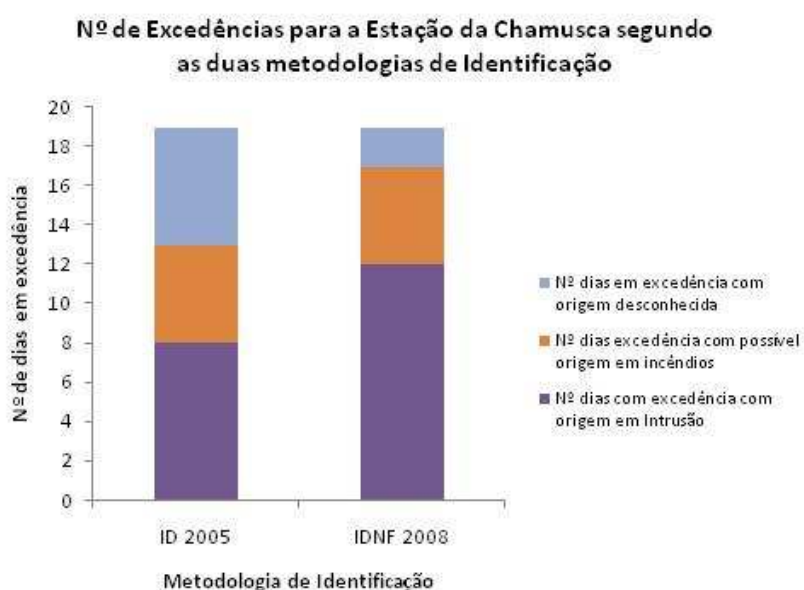


Figura 4.1: Número de Excedências para a estação da Chamusca segundo as duas metodologias de identificação

Em suma a intensidade prevista por um modelo não tem uma relação directa com os níveis de material particulado registado nas estações. Sempre que se verifiquem condições meteorológicas ou outros fenómenos naturais (que não intrusões), que alterem o comportamento do poluente deverá ser contemplado um momento de análise no que diz respeito à aplicação de metodologias de desconto.

Relativamente às metodologias de avaliação da contribuição do evento natural recorrendo aos três métodos distintos, MMMensal, MMMóvel e MP30, verificou-se que o método de desconto que se baseia no cálculo do Percentil 30, é o método que mais consegue diminuir em número o nº de dias em excedência (Figura 4.2). No entanto, é também o método em que se presencia o maior número de casos impossíveis.

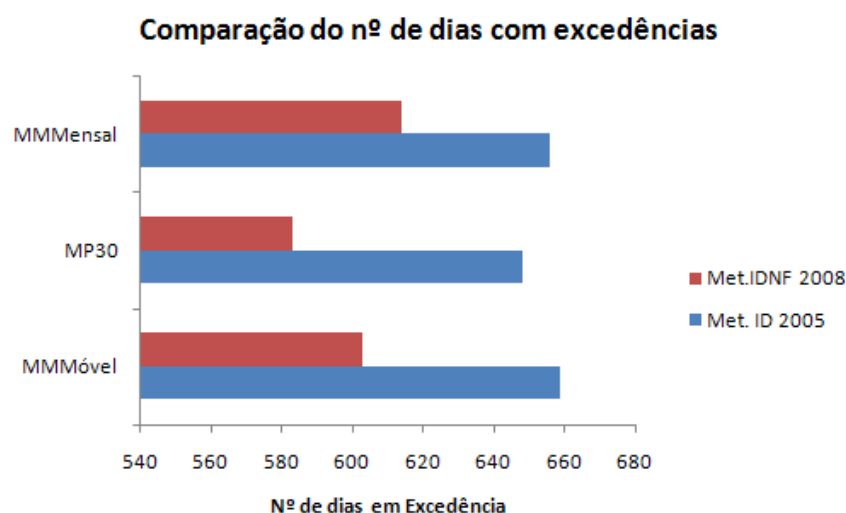


Figura 4.2: Comparação do número de excedências segundo os três métodos de cálculo MMMensal, MMP30 e MMMóvel

Independentemente da metodologia de identificação utilizada, e do método de cálculo aplicado para avaliação da contribuição do EN, no que concerne ao cumprimento legal das excedências permitidas: não exceder o valor médio diário de PM_{10} - $50\mu g/m^3$ - mais de 35 dias num ano; e não exceder a média anual de PM_{10} - $40\mu g/m^3$, os resultados foram semelhantes. Após a identificação de EN e posterior avaliação da contribuição do mesmo, a estação de monitorização de Loures e a estação de monitorização do Laranjeiro registaram menos de 35 dias de excedências do valor limite diário. Relativamente à verificação do cumprimento legal das médias anuais (concentrações de PM_{10} abaixo dos $40\mu g/m^3$), das três estações cujas médias anuais estavam acima do legislado, apenas a estação de Cascais conseguiu atingir níveis inferiores a $40\mu g/m^3$, esta constatação foi mais uma vez verificada para as duas metodologias de identificação, segundo os três métodos de cálculo.

Em sùmula, e comparando os três métodos de cálculo, a existência de vários casos impossíveis poderá representar uma base científica muito frágil, pelo que, e face aos resultados obtidos, se deveriam estudar outros métodos de avaliação da contribuição de EN.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Arimoto, R., R.A. Duce, B.J. Ray, W.G.E. Jr., J.D. Cullen, and J.T. Merrill (1995). Trace elements in the atmosphere over the North Atlantic, *Journal of geophysical research*, 100, 1199-1214.
- [2] Artiñano, B., Querol, X., Salvador, P., Rodriguez, S., Alonso, D., Alastuey, A. (2001) Assessment of airborne particulate levels in Spain in relation to the new EU-directive. *Atmospheric Environment*, **35**, S43-S53
- [3] Avila, A., I. Queralt, and M. Alarcón (1997), Mineralogical composition of African dust delivered by red rains over North-Eastern Spain, *Journal of geophysical research*, 102, 21977-21996.
- [4] Avila, Alarcón, Queralt (1997) The chemical composition of dust transported in red rains – its contribution to the biogeochemical cycle of a holm oak in catalonia. *Atmospheric Environment*, **32**, 179-191.
- [5] Caquineau, S., A. Gaudichet, L. Gomes, M.C. Magonthier, and B. Chatenet (1998), Saharan dust: clay ratio as a relevant tracer to assess the origin of soil delivered aerosols, *Geophysical research letters*, 25, 983-986.
- [6] Draxler, R. (1999) *Hysplit 4: User's Guide*, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – Air Resources Laboratory, Silver Spring – Maryland
- [7] Draxler, R. (2002). Forecasting Dust Storms using HYSPLIT. In *Proceedings of Sino-US Workshop on Dust Storms and Their Effects on Human Health*, November 25-26, Raleigh.
- [8] Draxler, R.R., and G.D. Rolph (2003), HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>), NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.
- [9] DREAM – Dust Regional Atmospheric Model , 2005, acessado em 2006, <http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM>
- [10] Escudero, M. (2006) Suspended particulate matter and wet deposition fluxes in regional background areas in Iberian Peninsula. Barcelona, Spain
- [11] Escudero, M., Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Perez, N., Ferreira, F., Alonso, S., Rodriguez, S., Cuevas, E. (2007). "A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks", *Atmospheric Environment*, 41, 5516–5524

- [12] Europa EU – European Commission Press Releases, 2006, acedido em 20/02/2008, <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/05/15&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>
- [13] Ferreira F., Franco N., Tente H., Monjardino J., Mesquita S., Marques F., Perez A. (2006). “Avaliação do transporte de partículas do Norte de África: eventos naturais no decorrer de 2005”, 9ª Conferência Nacional do Ambiente (CNA), Abril de 2007
- [14] Ferreira F., Tente H., Nogueira L., Gomes P., Mesquita S., Franco N., Monjardino J., Torres P. (2006). "Particulate matter assessment in the Lisbon region: from diagnosis to solutions ", Lille 2006
- [15] Ferreira, F., Franco, N., (2006). “Identificação e Avaliação de eventos naturais em Portugal”, Instituto do Ambiente, Lisboa 2006.
- [16] Ferreira, F., Franco, N., Tente, H., Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Perez, N., (2006). “Metodologia adoptada para a identificação de eventos naturais em Portugal”, Abril (2006), Lisboa.
- [17] MODIS Rapid Response System, 2005, acedido em 2006, http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?Europe_3_01
- [18] NAAPS - Navy Aerosol Analysis and Prediction System , 2005, acedido em 2006, <http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/#currentaerosolmodeling>
- [19] Perry, K.D., T.A. Cahill, R.A. Eldred, D.D. Dutcher, and T.E. Gill (1997), Long-range transport of North African dust to the Eastern United States, *Journal of geophysical research*, 102, 11225-11238.
- [20] Prospero, J.M., and T.N. Carlson (1981), Saharan air outbreaks over the tropical North Atlantic, *Pure and applied geophysics*, 119, 667-691.
- [21] Prospero, J.M. (1999), Long range transport of mineral dust in the global atmosphere: impact of African dust on the environment of the south-eastern United States, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 96, 3396-3403
- [22] QUALAR – Base de Dados On-line sobre Qualidade do Ar, 2005, acedido em 28/11/2007, <http://www.qualar.org/>
- [23] Querol, X., Alastuey, A. (1999). “Detection of Natural Events Influencing PM₁₀ Measurements”. Barcelona, Spain.
- [24] Querol, X., A. Alastuey, S. Rodríguez, F. Plana, C.R. Ruiz, N. Cots, G. Massagué, and O. Puig (2001), “PM₁₀ and PM_{2.5} source apportionment in the Barcelona Metropolitan Area”, *Catalonia, Spain, Atmospheric Environment*, 35 (36), 6407-6419.

- [25] Querol, X., A. Alastuey, S. Rodríguez, M.M. Viana, B. Artíñano, P. Salvador, E. Mantilla, S.G.D. Santos, R.F. Patier, J.D.L. Rosa, A.S.D.L. Campa, and M. Menedez (2002), Interpretación de series temporales (1996-2000) de niveles de partículas en suspensión en España, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- [26] Querol, X. (2002). The influence of African dust natural events in Air Quality. In Documentação do Seminário realizado na FCT/UNL, Univ Nova Lisboa, 12 Jun, Caparica.
- [27] Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Perez, N., Alonso, S., Cuevas, E., Cristobal, A., Pallares, M., Salvador, P., Artíñano, B., Rosa, J., Tente, H., Franco, N., Ferreira, F. (2005). "Episodios Naturales de partículas 2005". Ministerio de Medio Ambiente (España), Instituto do Ambiente (Portugal), Setembro 2005.
- [28] Querol, X., Alastuey, A., Escudero, M., Pey, J., Castillo, S., Ferreira, F., Franco, N., Marques, F., Cuevas, E., Alonso, S. (2006). "Methodology for the identification of natural African dust episodes in PM10 and PM2.5, and justification with regards to the exceedances of the PM10 daily limit value". Ministerio de Medio Ambiente (España), Instituto do Ambiente (Portugal), Outubro 2006.
- [29] Reis, M.A., Oliveira, O.R., Alves, L.C., Rita, E.M.C., Rodrigues, F., Fialho, P., Pio, C.A., Freitas, M.C., Soares, J.C. (2002). "Comparison of continental Portugal and Azores Islands aerosol during a Sahara dust storm". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, **189**, 272-278.
- [30] Rodriguez, S., Quérol, X., Alastuey, A., Kallos, G., Kakaliagou, O. (2001). "Saharan dust contributions to PM10 and TSP levels in Southern and Eastern Spain". Atmospheric Environment, **35**, 2433-2447.
- [31] Rodriguez, S., Quérol, X., Alastuey, A., Viana, M., Mantilla, E. (2003). "Events Affecting Levels and Seasonal Evolution of Airborne Particulate Matter Concentrations in the Western Mediterranean". Environmental Science and Technology, **37**, 216-222
- [32] Ryall, Derwent, Manning, Redington, Corden, Millington, Simmonds, O'Doherty, Carslaw, Fuller (2002). "The origin of high particulate concentrations over the UK", March 2000. Atmospheric Environment, **36**, 1363-1378
- [33] Salvador, P., B. Artíñano, D.G. Alonso, X. Querol, and A. Alastuey (2004), Identification and characterisation of sources of PM10 in Madrid (Spain) by statistical methods, Atmospheric environment, **38** (3), 435-447.
- [34] Seinfeld, J.H., Pandis, S.N. (1998). "Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change". Wiley, New York.
- [35] Singer, A., E. Ganor, S. Dultz, and W. Fischer (2003), Dust deposition over the Dead Sea, Journal of arid environments, **53** (1), 41-59.

- [36] SKIRON, 2005, acedido em 2006, <http://forecast.uoa.gr/dustindx.html>
- [37] Swap, R., M. Garstang, S. Greco, R. Talbot, and P. Kallberg (1992), Saharan dust in the Amazon basin, *Tellus*, 44 (2), 133-149.
- [38] Viana, M., X. Querol, A. Alastuey, E. Cuevas, and S. Rodríguez (2002), Influence of African dust on the levels of atmospheric particulates in the Canary Islands airquality network, *Atmospheric environment*, 36, 5861-5875.
- [39] Westphal, D.L., O.B. Toon, and T.N. Carlson (1987), A two-dimensional numerical investigation of the dynamics and microphysics of Saharan dust storms, *Journal of geophysical research*, 92 (D3), 3027-3049.
- [40] WGPM (2002). "Guidance to Member States on PM10 monitoring and intercomparisons with the reference method". European Commission Working Group on Particulate Matter.